

**UTILIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS LIGNOCELULÓSICOS
PROVENIENTES DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN
DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus spp.* EN EL DISTRITO ESPECIAL DE
BUENAVENTURA, COLOMBIA.**

PILIN MANYOMA CAICEDO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS
NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2013**

**UTILIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS LIGNOCELULÓSICOS
PROVENIENTES DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN
DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus* spp. EN EL DISTRITO ESPECIAL DE
BUENAVENTURA, COLOMBIA.**

PILIN MANYOMA CAICEDO

**Proyecto de grado para optar al título de
Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS
NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales

JULIO CESAR MOLINA

Jurado

JULIO CESAR MONTOYA

Jurado

Santiago de Cali, 5 de diciembre de 2013

A DIOS todo poderoso por permitirme culminar con éxito el esfuerzo de todos estos años de estudio. Para Él mi agradecimiento infinito.

A mi madre CARIDAD CAICEDO LUNA, por ser el pilar fundamental en mi vida, por todo su esfuerzo y sacrificio, lo que hizo posible el triunfo profesional alcanzado. Para ella mi AMOR, OBEDIENCIA Y RESPETO.

A mis hermanas DELANNIS CASTRO CAICEDO Y YELIN LILETH CAICEDO LUNA, por ser unas personas excepcionales, quienes me ha brindado su apoyo incondicional y han hecho suyos mis preocupaciones y problemas. Gracias por su amor, paciencia y comprensión.

A mi abuela MERCEDES LUNA Por ser lo más grande y valioso que Dios me ha regalado, quien es mi fuente de inspiración y la razón que me impulsa a salir adelante.

A WILLIAM JAIR HURTADO por su ayuda y apoyo incondicional que me brindó en los momentos que más lo necesité, mis sinceros agradecimientos.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS/AS, que de una u otra forma me ayudaron y participaron para que lograra el presente éxito profesional. Gracias por su ayuda, palabras de aliento y fe en mí.

A LA UNIVERSIDAD Y A MIS CATEDRÁTICOS. Gracias, Gracias, Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de un trabajo de investigación; es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleve a encontrar la mayor parte del mérito en el aporte que ha hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándole mis agradecimientos. Debo agradecer de manera especial y sincera al profesor Julio César Wilches por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
1.JUSTIFICACION	20
1.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	20
1.2.JUSTIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA	21
2. ESTADO DEL ARTE	24
2.1. GENERALIDADES DE LOS HONGOS	24
2.1.2. Basidiomicetos.	25
2.1.3. Cultivo de <i>Pleurotus</i> spp.	27
2.2. PASTEURIZACIÓN	28
2.2.2. Fructificación	30
Algunas aplicaciones del cultivo de <i>Pleurotus</i> spp	31
2.2.BREVE CRONOLOGÍA DEL CULTIVO DE LAS SETAS	32
2.3.1. Importancia de las setas.	33
2.3.EFECTOS ANTITUMORALES	35
2.4.EFECTOS ANTIVIRALES	35
2.5.EFECTO ANTI INFLAMATORIOS	36
2.5.1. Control del colesterol.	36
2.5.2. Efecto hepatoprotector	37
2.5.3.Efecto antihipertensión.	37
2.5.4.Efecto antioxidante.	37
3.GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE PLEUROTUS OSTREATUS	40
3.1. PROBLEMÁTICA EN EL CULTIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLE	41
3.1.1. Contaminantes.	41
3.1.3. Plagas.	42
3.2.EXPERIENCIAS PRODUCTIVAS CON COMUNIDADES	44
3.3.COMERCIALIZACIÓN DE <i>PLEUROTUS</i>	44
3.3.1.Marco teórico estadístico.	44
3.4.DISEÑOS DE EXPERIMENTOS	45
3.4.1. Elementos que intervienen en un experimento.	45
3.4.1.1. Factores, niveles y tratamientos.	46
3.4.1.2. Error experimental	46
3.4.2. Principios Básicos de un Diseño Experimental	47
3.4.2.1. Principio de Aleatorización.	47

3.4.1.1. Modelo de Diseño Experimental.	48
4. OBJETIVOS	50
4.1. OBJETIVO GENERAL	50
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	50
5. CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS	51
5.1. HONGOS	51
5.1.1. <i>Pleurotus ostreatus</i>	51
5.1.2. <i>Pleurotus pulmonarius</i> .	52
5.2. SUSTRATOS	54
5.2.1. <i>Tithonia diversifolia</i> ..	54
5.2.2. <i>Anthurium formosum</i>	55
5.2.1. Aserrín de madera (roble).	56
5.2.2. <i>Musa spp.</i> ..	57
5.2.3. <i>Pueraria ssp.</i> ..	58
6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	59
6.1. PROMOCIÓN Y GESTIÓN CON LA COMUNIDAD	59
6.1.1. Localización y cobertura	59
7. ANALISIS ESTADISTICO	70
7.1. EL EXPERIMENTO.	70
7.1.1. Definición de Variables y sus Métodos Analíticos.	71
7.1.1.1. Segundo experimento: Hongo <i>P. ostreatus. us</i>)	71
7.2. TAMAÑO DEL EXPERIMENTO	71
7.2.1. Proceso de aleatorización.	72
7.3. MONTAJE DEL EXPERIMENTO	72
7.4. SOFTWARE UTILIZADO	73
7.5. METODOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO ANALÍTICO DEL MODELO DE DISEÑO EXPERIMENTAL	74
7.5.1. Modelo Completamente Aleatorio.	74
7.5.2. Pruebas de hipótesis.	
7.6. VALIDACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL MODELO.	75
7.7. VALIDACIÓN DE LOS SUPUESTOS SOBRE EL ERROR DEL MODELO PRIMERO Y SEGUNDO EXPERIMENTO	75
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
8.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO HONGO <i>Pleurotus pulmonarius</i>	77
8.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO HONGO <i>Pleurotus ostreatus</i>	81
8.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS DE MODELOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL	84
8.3.1. Análisis del Primer Experimento.	84
9. ANÁLISIS POST-ANOVA: HONGO <i>PLEUROTUS PULMONARIUS</i>	85

9.1.ANÁLISIS DEL SEGUNDO EXPERIMENTO: HONGO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>.	86
12.CONCLUSIONES	90
13.RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	94

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género <i>Pleurotus</i>	25
Cuadro 2. Análisis de varianza para probar la hipótesis de los efectos de los tratamientos en el modelo	48
Cuadro 3. Requerimiento físico para el cultivo de hongos <i>P. ostreatus</i>	51
Cuadro 4. Requerimiento físico para el cultivo de hongos <i>Pleurotus pulmonarius</i>	52
Cuadro 5. Tamaño del experimento variable eficiencia biológica	70
Cuadro 6. Validación de supuestos	75
Cuadro 7. Estadísticas descriptivas. Hongo <i>Pleurotus pulmonarius</i>	80
Cuadro 8. Estadística descriptiva. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	82
Cuadro 9. Análisis de varianza. Hongo <i>Pleurotus pulmonarius</i>	83
Cuadro 10. Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0,05$)	84
Cuadro 11. Análisis de varianza. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	85
Cuadro 12. Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0,05$)	86
 Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género <i>Pleurotus</i>	 25
Cuadro 2. Análisis de varianza para probar la hipótesis de los efectos de los tratamientos en el modelo	48
Cuadro 3. Requerimiento físico para el cultivo de hongos <i>P. ostreatus</i>	51
Cuadro 4. Requerimiento físico para el cultivo de hongos <i>Pleurotus pulmonarius</i>	52
Cuadro 5. Tamaño del experimento variable eficiencia biológica	70
Cuadro 6. Validación de supuestos	75
Cuadro 7. Estadísticas descriptivas. Hongo <i>Pleurotus pulmonarius</i>	80
Cuadro 8. Estadística descriptiva. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	82
Cuadro 9. Análisis de varianza. Hongo <i>Pleurotus pulmonarius</i>	83

Cuadro 10.	Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0,05$)	84
Cuadro 11.	Análisis de varianza. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	85
Cuadro 12.	Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0,05$)	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes de la seta	42
Figura 2. Flor Amarilla. <i>Tithonia diversifolia</i>.	53
Figura 3. Anturio <i>Anthurium formosum</i>.	54
Figura 4. Aserrín de madera	55
Figura 5. Hoja de platano	56
Figura 6. Kudzu	57
Figura 7. Mapa de buenaventura	58
Figura 8. Recorrido en zona de zacaria	60
Figura 9. Construcción de las instalaciones	60
Figura10. Esterilización de los materiales	61
Figura11. Multiplicación de la semilla	62
Figura12. Nevera para conservar la semilla	63
Figura13. Mezcla de sustrato	64
Figura14. Sustrato empacado, para pasteurizar	65
Figura15. Proceso de pasturizacion	65
Figura16. Inoculación de sustrato	66
Figura17. Observaciones y seguimiento	67
Figura18. Cosecha del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Pleurotus pulmonarius</i>	68
Figura19. Gráfico Poder de la prueba	70
Figura20. Diagrama de experimento	72
Figura21. Gráfica de puntos de las variables de respuesta según tratamientos para el hongo <i>P. pulmonarius</i>.	78

Figura22.	Gráfica de puntos de las variables de respuesta según tratamientos para el hongo P. ostreatus.	81
Figura23.	Prueba post-anova Hongo Pleurotus pulmonarius. (Tratamientos: 1: ASE+VEG (REFERENTE), 2: ASE+ANT y 3: ASE+VEG+ANT)	84
Figura24.	Prueba post-Anova Hongo Pleurotus ostreatus. (Tratamientos: 1: ASE+VEG (REFERENTE), 2: ASE+ANT y 3: ASE+VEG+ANT)	87
Figura25.	Gráfica de comparación rendimiento de los hongos.	88

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Preparación de sustrato flor amarilla, kudzu, hoja de plátano, anturio y aserrín de madera.	98
ANEXO B. Remojo del sorgo	99
ANEXO C. Multiplicación y producción de semilla	100
ANEXO D. Fructificaciones de los hongos <i>P.ostreatus</i> y <i>P.pulmonarius</i>	101
ANEXO E. Seguimiento del cultivo de hongos <i>P.pulmonarius</i> y <i>P.ostreatus</i>	102
ANEXO F. Proceso de pasteurización	103
ANEXO G. Pesaje de producción de los hongos <i>P.pulmonarius</i> y <i>P.ostreatus</i>	104
ANEXO H. Formato de encuesta	105
ANEXO I. Gráfico de encuesta realizada en la comuna	107

RESUMEN

La Universidad Autónoma de Occidente ha venido realizando investigaciones en la parte ambiental, con el fin de tener un mejor conocimiento de las setas, enseñando a cada uno de sus estudiantes el proceso de producción del mismo.

En el 2012 con el apoyo de la UAO se toma la decisión de realizar un proyecto de investigación participativa, la cual consiste en medir la capacidad de crecimiento de los hongos de la familia *Pleurotus*.

Para el desarrollo de este proyecto se contó con la participación de algunos habitantes de la comunidad y se aprovecharon diferentes sustratos con el fin de producir los hongos *P. pulmonarius* y *P. ostreatus*, medir la eficiencia biológica, La longitud y el diámetro píleo.

El presente documento, suministra información relacionada con la investigación que se llevó a cabo en el corregimiento de Zacarías ubicado en la parte oriental del municipio de Buenaventura. Contiene información sobre la utilización de residuos orgánicos lignocelulósicos provenientes de actividades industriales para la producción de hongos comestible *pleurotus spp.*

Palabras Claves: familia *Pleurotus*, eficiencia biológica, diámetro píleo, hongos

ABSTRACT

The University Autónoma de Occidente have been conducting research on the environmental part, in order to have a better knowledge of mushrooms, each teaching their students the process of production thereof.

In 2012 with the support of the UAO the decision to conduct a participatory research project, which is to measure the capacity growth of fungi *Pleurotus* family.

For the development of this project with the participation of some community residents and different substrates is exploited in order to produce the fungus *P. pulmonarius* and *P. ostreatus*, biological efficiency measure, length and pileus diameter.

This document provides information related to the investigation that was conducted in the village of Zacarías located in the eastern part of the municipality of Buenaventura. Contains information on the use of lignocellulosic organic waste from industrial activities for the production of edible mushrooms *Pleurotus spp.*

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cultivo de hongos cobra cada día mayor importancia, debido a su potencial en la alimentación, la industria, la descontaminación ambiental y la biorremediación, ya que pueden realizar la bioconversión de desechos agrícolas en alimentos, medicinas¹ y potenciales moléculas o compuestos con valor agregado en la industria química y farmacéutica². De todas las especies cultivadas, las del género ***Pleurotus*** presentan el mayor ritmo de evolución, crecimiento y expansión en todo el mundo, alcanzando con sorprendente rapidez, en menos de 30 años, el tercer lugar en las cifras de producción mundial de hongos comestibles, tras el histórico champiñón (*Agaricus bisporus*), que cuenta con más de tres siglos de trayectoria productiva, y el shiitake (*Lentinula edodes*)^{3,4}.

La razón de este crecimiento radica en que las especies de ***Pleurotus*** poseen una calidad organoléptica excelente y crecen de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulósicos⁵. Teniendo en cuenta lo anterior, el cultivo de *Pleurotus* spp. es de gran importancia para el reciclaje de desechos orgánicos contaminantes más comunes en la industria relacionada con el bosque (madera, papel, etc.), la agricultura y la jardinería, puesto que son, en su mayoría, ricos en lignina y celulosa⁶. En este sentido, es factible utilizar como sustratos diversas plantas o partes de ellas, ricas en lignina tales como pajas de cereales, maderas, aserrín, estopa de coco, subproductos de agroindustria (hojas de maíz, hojas de alcachofas, vainas de legumbres, hojas de musas, desechos de algodón, desechos de caña de azúcar, etc.)⁷. La capacidad de crecer sobre una diversidad de sustratos, revela su impacto benéfico y promisorio en el aprovechamiento de desechos agroindustriales, considerados hasta hoy como contaminantes (Bonilla *et al.*, 2006).

¹ RODRÍGUEZ Y JARAMILLO. Cultivo de *Pleurotus pulmonarium* en pulpa de café. *Cenicafé* 45(3):81-92.2005

² LABARÉRE Y BOIS. La conservación y uso de los recursos genéticos de *Pleurotus* spp. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus*. Sánchez, J., Roise, D. (Eds). Editorial LIMUSA, México. pág. 91-100.2001

³ MUEZ Y PARDO. La preparación del sustrato. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse (eds.), La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur. Limusa-Grupo Noriega Editores. México, D.F. pp. 159-186. 2001

⁴ SÁNCHEZ Y ROYSE. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México Editorial Limusa, 290 p.2001

⁵ Ibid.P.212

⁶ PAREDES. Efecto de los residuos sólidos de aserrín de madera y estopa de coco degradado por el hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer sobre algunas propiedades físicas de un Inceptisol de Buenaventura, Colombia. Tesis de Grado. Universidad del Pacífico. 84p.2008

⁷ JOB, 2004 La utilización de la borra del café como sustrato base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer. *Rev. Iberoamer. Micol.* 21:195 - 197.2004

Recientemente, en el Pacífico colombiano, para el cultivo de *P. ostreatus*, y *P. pulmonarius* ya sea con fines investigativos o para procesos de transferencia de tecnología a pequeñas comunidades, se han venido utilizando algunos materiales ricos en lignina y celulosa. Hay reportes en Buenaventura que muestra el uso del aserrín de madera para el cultivo de *P. Ostreatus*, y *P. Pulmonarius* los cuales son considerados como serios contaminantes de cuerpos de aguas, esteros y bahías y sus respectivas zonas de suelo adyacentes⁸. La lista de residuos útiles para producir *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* y otros macromicetos de uso alimenticio y medicinal en Buenaventura y la costa Pacífica colombiana podría ser mucho más amplia, sin embargo, la investigación en este sentido aún sigue siendo incipiente. Es importante ampliar la base de residuos vegetales que pueden ser usados en el cultivo de *Pleurotus spp.*, sobre todo tratando de abarcar aquellos residuos que por sus volúmenes y frecuencias de producción ejercen presión sobre el ambiente; por ejemplo, los residuos derivados de la actividad maderera en el Pacífico, los residuos asociados con el aprovechamiento y comercialización de la palma aceitera y cocotera, así como los residuos vegetales urbanos generados en las plazas de mercado y hogares y aquellos provenientes del mantenimiento o podas de zonas verdes.

El manejo integral y tratamiento de los residuos sólidos es una necesidad ineludible para todas las sociedades y una responsabilidad de todos los Estados a nivel global ya que es una de las principales amenazas para el ambiente del cual dependemos para satisfacer todas nuestras necesidades presentes y futuras. Uno de los objetivos del milenio de la ONU, consiste en garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, el cual tiene varias consideraciones o puntos que obligan a los países a revisar las políticas de tratamiento integral de las basuras, como son: la incorporación de los principios del desarrollo sostenible en las políticas nacionales, el saneamiento básico para la prevención de enfermedades, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En Colombia, la responsabilidad sobre el manejo integral de las basuras es trasladada por el Estado a los municipios y distritos, por lo que las autoridades locales deben buscar estrategias para solucionar la problemática. Es oportuno reconocer que la solución integral al problema de los residuos sólidos es una tarea bastante compleja que requiere de la convergencia de muchas estrategias. A pesar de que se disponga de sitios adecuados para la disposición de residuos, estos pueden saturarse mucho antes de lo previsto si los volúmenes de residuos

⁸ Paredes. Op.Cit,84p.

son elevados; subsiste la necesidad de encontrar estrategias integrales que permitan disminuir los volúmenes que llegan a los sitios de disposición final.

De acuerdo con datos reportados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios⁹, Colombia cuenta con 32 departamentos y 1.112 municipios, de los cuales se cuenta con información de 1.088 sobre el tipo de disposición final que está empleando. En este sentido, en el territorio nacional se generan aproximadamente 30.800 toneladas diarias de residuos, de las cuales el 90.99% (22.819,2 ton/día) son dispuestas en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento de residuos sólidos; persistiendo la disposición inadecuada del 9.01% restante (2.260 ton/día). Hay que advertir que esta información da cuenta sólo de la existencia de los sitios de disposición, pero no se tiene referencia a cerca de su adecuado funcionamiento y operación, por lo que el problema sigue todavía sin dimensionar en términos reales.

El departamento del Valle del Cauca cuenta con 42 municipios, que producen aproximadamente 3.535,2 toneladas diarias de residuos sólidos, volumen que en sólo dos años (2006 -2008) tuvo un incremento del 40,79%. En el departamento el 60% de los municipios, es decir 25 de ellos, disponen adecuadamente los residuos sólidos en 3 rellenos sanitarios y 3 plantas de tratamiento integral de residuos sólidos, con una producción de 2.789,9 toneladas al día (78,92%). Los 17 restantes municipios aun realizan en botaderos a cielo abierto, con una generación de residuos de 745,3 toneladas diarias (21,08%), situación que deben tener en cuenta las autoridades municipales para tomar las medidas pertinentes y ajustarse a la normatividad vigente.

El Distrito Especial de Buenaventura presenta una situación crítica en el manejo de sus cerca de 190 y 220¹⁰ toneladas diarias de basura, ya que su sitio actual de disposición final no es adecuado y se encuentra al borde de una saturación, con los inminentes riesgos para la salud y el ambiente. La situación de los residuos en el distrito es aún más grave si se tiene en cuenta que un volumen considerable, no determinado, es vertido directamente a los cuerpos de aguas continentales y los esteros, por parte de los habitantes ubicados dentro de o en sitios aledaños a las quebradas, caños y bajamares.

Si bien, es cierto que el reciclaje informal de materiales ayuda a disminuir los volúmenes de residuos que llegan finalmente al relleno, éste es un proceso insuficiente, y visiblemente desorganizado, realizado por personas no capacitadas

⁹SSPD, superintendencia de servicios públicos. enero 29 de 2010

¹⁰ Ramírez H. El país. septiembre 27 de 2012

y bajo métodos que propician mayor dispersión de las basuras. Resulta, por tanto, imperioso desarrollar estrategias de gestión integral de residuos sólidos urbanos en Buenaventura, los cuales incluyan procesos de recuperación, tratamiento y bioconversión los mismos, para responder a los requerimientos ambientales y económicos del desarrollo social sostenible de este territorio biodiverso, turístico y portuario del Pacífico colombiano, en el contexto actual del cambio climático.

1. JUSTIFICACION

1.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Los hongos desempeñan un importante papel en la degradación de materiales lignocelulósicos puesto que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina, convirtiéndola en proteínas y moléculas que pueden ser luego integradas a en la alimentación animal. Además, el ciclo de aprovechamiento de los residuos se puede cerrar mediante la utilización de los substratos escogidos degradados por el hongo (SDH) en la agricultura¹¹ para que el sistema no solo sea ambientalmente amigable sino también benéfico y saludable¹².

Los hongos del género *Pleurotus* son saprofitos por lo que toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presentes en diversos residuos agrícolas y desechos agroindustriales como: pajas, rastrojos, bagazo de caña, maguey, pulpa de café, aserrín de madera y estopa de coco¹³.

El cultivo de *Pleurotus spp.* Sobre residuos o materiales de desechos lignocelulósicos es una alternativa de manejo que podría contribuir con la reducción de los índices de contaminación ambiental causada por dichos residuos, puesto que éstos constituyen los compuestos más abundantes del planeta, producidos fundamentalmente por las plantas. La estopa de coco y el aserrín de madera son residuos agroindustriales con contenidos de lignina y celulosa adecuados para el cultivo hongos comestibles¹⁴. La degradación de la lignina y celulosa por parte de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* se debe a la acción de enzimas como las peroxidasas, lacasas y celulasas, que actúan sobre el sustrato que inclusive posteriormente puede ser utilizado para el consumo animal¹⁵.

¹¹ PAREDES, 2008. OP.CIT,P. 76

¹² LEVANON Y DANAI, Aspectos ambientales en el cultivo de los hongos. En: J.E. Sánchez y D.2001 J. Royse (eds.). 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus*. Ecosur- Uteha. 259 - 290.

¹³ GAITÁN *et al.*, 2002, FRANCE Y CAÑUMIR, 2003; GARCÍA 2002; RODRÍGUEZ Y GÓMEZ, 2001; SALMONES *et al.*, 1997; ENJAMIO Y RODRÍGUEZ, 1995

¹⁴ TORRES *ET AL.*, 2002; Gaitán *et al.*, 2002, Rodríguez y Gómez, 2001, Salmones *et al.*, 1997. Insolation of Enterobacteria, *Azobacteria* sp. and *Pseudomonas* sp., producers of indole-3-Acetic Acid Siderophores, from Colombian Rice Rhizosphere. Revista Latinoamericana de Microbiología. Vol 42. Pp. 171-176.

¹⁵ COHEN *ET AL.*, 2002. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*ApplMicrobiolBiotechnol. 58:582–594.

Los hongos superiores tienen aplicaciones en la “biorremediación” o eliminación biológica de compuestos Xenobióticos de los suelos agrícolas contaminados o de los productos de desecho. Entre ellos se incluyen las contaminaciones por metales pesados, pesticidas y herbicidas, hidrocarburos del petróleo, desagüe ácido de las minas de carbón y los efluentes de las papeleras industriales¹⁶. Despierta gran interés científico la captación de metales pesados y radiactivos, la cual se realiza a través de los distintos compuestos polisacáridos, altamente reactivos, de las paredes celulares de estos hongos, fenómeno bien estudiado en el hongo *Volvariella volvacea* (uach 2010). Los materiales así ligados pueden ser inmovilizados en forma de materia inerte o recuperados a través del tejido del hongo.

La contaminación de suelos y aguas superficiales o profundas, producida por el aumento de utilización de agroquímicos altamente tóxicos, ha estimulado el cultivo de ciertos hongos superiores capaces de degradarlos. Por ejemplo, ***P. ostreatus*** y ***P. pulmonarius*** tienen habilidad para degradar el herbicida atrazina¹⁷ y metaboliza el insecticida pentaclorofenol, etc.

1.2. JUSTIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA

Desde el punto de vista socioeconómico, en la actualidad los hongos comestibles se vienen incorporando de manera cada vez más amplia tanto a la dieta humana como animal. De hecho constituye una alternativa para satisfacer las necesidades nutricionales en los países en desarrollo, principalmente por los bajos costos de producción, la sencillez de su proceso de cultivo y la alta disponibilidad de residuos orgánicos que pueden ser usados como sustratos para la producción del hongo y la alta eficiencia biológica o productividad.

Los hongos del género ***Pleurotus*** son los más fáciles y menos costosos de producir, debido a la alta adaptabilidad, agresividad y productividad, que presentan las setas de este género. Tienen la habilidad de descomponer troncos y crecen en un amplio número de residuos, más que ninguna otra especie de cualquier otro grupo. Crece bien en la mayoría de maderas duras, sobre los productos secundarios de industrias madereras, en la paja de todos los cereales, la caña de

¹⁶ GARCÍA, 2002 El cultivo de los hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Anal. Real. Acad. Nac. Farm. 65: 753-776.

¹⁷MASAPHY ET AL., 1993 citados por GARCÍA, 2002; *P. ostreatus* mineraliza también el persistente DDT Higson, 1991 citado por García, 2002

azúcar y bagazos, residuos de café, hojas de plátanos y cáscara de semillas oleaginosas¹⁸.

El cultivo de hongos comestibles ha sido una práctica productiva de mucha importancia en el ámbito medicinal y nutricional y ambiental a nivel mundial, obteniéndose además buenos resultados mediante su comercialización¹⁹. Esta actividad se ha convertido en una práctica de mucho interés para algunas familias que se benefician nutricional y económicamente por dedicarse directamente a esta actividad. El mercado mundial para la industria de hongos en el 2001 estuvo valorizado sobre los U.S \$ 40 billones. La industria de los hongos se pueden dividir en tres categorías principales: los hongos comestibles, productos de hongos medicinales y hongos silvestres. La producción total de hongos en China en 1997 fue 3,9 millones de toneladas, que representaron el 63,6% de la producción mundial total, lo que demuestra que China se ha convertido en un importante productor y consumidor de hongos comestibles cultivados. *Lentinula edodes* es el hongo principal cultivado en China, con una producción de 1,4 millones de toneladas en 1997, que fue igual al 35,6% de la producción de hongos totales en ese año. Por otra parte, se está contribuyendo con el mejoramiento ambiental, a través de la reducción de los índices de contaminación de algunos ecosistemas que se afectan por el arrojo de ciertos residuos orgánicos que modifican las condiciones físico – ambientales del entorno animal y vegetal, generando desequilibrio en su cadena trófica²⁰.

La producción mundial de hongos cultivados se estimó en 6.1 millones de toneladas en 1997 y 12.2 millones de toneladas en 2002 (Chang, 2006), lo que representa una duplicación en tan sólo cinco años. La producción mundial de *Lentinula edodes* aumento de 14,3 a 25,4% (en términos de producción de 180.000 a 1,5 millones de toneladas), y el de ***Pleurotus Spp*** de 2,8 a 14,2% (en términos de producción, de 35.000 a 876.000 toneladas). Más de 10 nuevas especies de hongos, *incluyendo Agaricus blazei, Pleurotus eryngii, y Agrocybe aegerita*, se han cultivado en los últimos años a escala comercial pequeña, y el potencial de expansión es excelente.²¹

¹⁸ CURVETTO, 1999; Cardona, 2001; Lozano, 1991; Rodríguez y Jaramillo, 2005 Biotecnología de hongos comestibles y medicinales. Bahía blanca, s.e., 74 p.

¹⁹Cardona, 2001 Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Crónica forestal y medio ambiente N° 16.

²⁰TORRES ET AL., 2000. Insolation of Enterobacteria, *Azobacteria* sp. and *Pseudomonas* sp., producers of indole-3-Acetic Acid Siderophores, from Colombian Rice Rhizosphere. Revista Latinoamericana de Microbiología. Vol 42. Pp 171-176

²¹ SENA.2009. Servicio Nacional de Aprendizaje. Regional Caldas. Manizales – Colombia.

Pleurotus spp. Es un alimento de alta calidad nutritiva, por lo cual se considera ideal para ser utilizado en programas de seguridad alimentaria. Además, posee propiedades biológicas con un alto contenido de fibras y bajo contenido de grasas, que lo hace adecuado para dietas alimenticias en humanos²². Las vitaminas aportadas por este hongo, se encuentran casi exclusivamente en los productos animales, permitiendo así a quienes deban disminuir el consumo de carnes rojas, sustituir o complementar sus comidas con este hongo²³. Los hongos del género ***Pleurotus spp.***, se caracterizan por el rápido crecimiento y la habilidad de colonización del micelio; este atributo facilita la penetración rápida del sustrato²⁴. Las diversas especies de *Pleurotus* varían en su habilidad para colonizar un sustrato lignocelulósico; no obstante, ésta es influenciada por la naturaleza del sustrato, la degradabilidad del sustrato, la tasa de crecimiento del hongo y la capacidad de fructificar y convertir los residuos en biomasa comestible²⁵.

²² RAJARATHNAM Y BANO, 1991 citados por Rodríguez y Gómez, 2001

²³ CHANG. Un estudio de caso: Hongos tropicales. Publicado por el instituto ZERI para América Latina. 1992

²⁴ ZADRAZIL. Cultivation of *Pleurotus*. In Chang S. T.; Hayes, W.A. Eds. The biology and cultivation of edible mushrooms. New York, academic Press. pp. 521 – 557. 1978

²⁵ Rajarathnam y Bano, Op.cit,

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. GENERALIDADES DE LOS HONGOS

Los hongos son organismos eucariotas, pertenecen al reino Fungi y constituyen un grupo muy variable y polimórfico, difícil de caracterizar; sin embargo, tienen en común la producción de esporas, la carencia de clorofila, se nutren por absorción de moléculas del medio, se reproducen sexual o asexualmente y, con algunas excepciones, tienen un cuerpo generalmente formado por filamentos muy ramificados, con pared celular quitinosa, llamados hifas, que en conjunto forman el micelio²⁶. Los hongos superiores se diferencian de los primitivos porque las hifas poseen septos o paredes transversales con poros que permiten el paso del citoplasma. En las formas no septadas, las hifas contienen un citoplasma común con numerosos núcleos por lo que se conocen como cenocíticos²⁷.

Desde el punto de vista ecológico, los hongos son uno de los grupos de organismos más importantes para la vida del hombre. Habitan todos los ecosistemas y son responsables de gran parte de la descomposición de la materia orgánica aumentando su disponibilidad en el suelo. Teniendo en cuenta su preferencia nutricional, pueden dividirse en saprobios, cuando descomponen residuos orgánicos para alimentarse; parásitos, si extraen de un hospedero las sustancias orgánicas que necesitan; y simbióticos, cuando la asociación con el hospedero permite la supervivencia de ambos. Aunque algunos pueden ser patógenos, venenosos o sicotrópicos, otros son comestibles o producen ciertas sustancias beneficiosas o intervienen en procesos de elaboración de algunos comestibles²⁸.

2.1.1. Taxonomía de hongos. Según (Popoff)²⁹, a partir del Congreso Internacional de Micología de 1994, el reino Fungi quedó conformado finalmente por cuatro phyla o divisiones. El phylaChytridiomycota, comprende la clase Chytridiomycetes que son los únicos que producen células móviles uniflageladas en su ciclo de vida. En el phylaZygomycota se encuentran los Zygomycetes, de micelio cenocítico, cuyo nombre se deriva de la espora sexual característica (zigospora) y son de gran importancia agronómica por la asociación micorrízica. El tercer grupo corresponde al phylaAscomycota, donde se encuentran los Ascomycetes, producen en su fase sexual 8 ascosporas en una estructura (asca)

²⁶ Huerta, 2001; Alexopoulos *et al.*, 1996. OP.CIT., P. 57

²⁷ Popoff, 2005; Atlas pictórico de los hongos del Parque Nacional Iguazú. Editorial Literature of Latin America (L.O.L.A.). Buenos Aires, Argentina, en idioma inglés y castellano, 228 páginas, 106.

²⁸ Popoff, 2005; Huertas, 2001. OP.CIT., P. 94

²⁹ Popoff 2005. OP.CIT., P. 45

que pueden estar organizadas en otra estructura mayor llamada ascocarpo; cuando la reproducción se realiza por esporas asexuales (conidias), son denominados mitospóricos. Por último, el phyla Basidiomycota, comprende los Basidiomycetes, los cuales se caracterizan por producir 4 basidiosporas en una estructura denominada basidio, ubicada a su vez en una macroestructura denominada basidiocarpo. Como estructuras reproductivas asexuales, también producen conidias, clamidosporas y artrosporas.

2.1.2. Basidiomicetos. Forman un grupo de hongos muy grande y diverso que pueden habitar variados ambientes y vivir como saprófitos, parásitos y simbioses. Se caracteriza por producir esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basidiomatas o basidiomas, el cual porta estructuras especializadas conocidas como basidias.

El micelio septado, usualmente es blanco, amarillo brillante o naranja y crece hacia adelante en forma de abanico. Puede entretorse formando estructuras de llamadas rizomorfos, que permanecen latentes hasta que las condiciones de humedad o nutritivas le favorezcan. Comúnmente son producidos por muchas especies de hongos ectomicorrízicos y por varios descomponedores de la madera y son importantes no sólo en la dispersión de ciertas especies sino también en las actividades de búsqueda y acumulación de nutrientes. Son comunes en los horizontes de suelos orgánicos y en las capas de la materia en descomposición³⁰.

Los basidiomicetos pueden presentar forma de seta, repisa, coral, bejín, estrella, falo o nido de pájaro. Pueden estar brillantemente coloreados o no, tener consistencia gelatinosa, cartilaginosa, papirosa, carnosa, esponjosa, corchosa, leñosa o cualquier textura. Entre los que tienen forma de setas o sombrillas, se encuentran la mayoría de los conocidos como hongos comestibles³¹, cuyos cuerpos que portan las esporas de origen sexual son visibles a simple vista y exhiben formas y tamaños muy diversos.

Caracterización del género *Pleurotus*. El género *Pleurotus* (Tabla 1) agrupa especies lignocelulolíticas o ligninolíticas de pudrición blanca, cuyo sistema enzimático no específico es capaz oxidar e hidrolizar enlaces de diversos

³⁰ HUERTA, 2001. Contribución al conocimiento de la diversidad biológica de *Pleurotus* spp. en México. I Reunión Nacional sobre el Cultivo de *Pleurotus*, Resúmenes, ECOSUR-SMM-INECOL-SEPI, San Cristóbal de las Casas, Chiapas

³¹ Alexopoulos et al., 1996. Introductory Micology John Wiley & Sons. 4a edición. EUA.

compuestos orgánicos³², lo que les confiere diversas potencialidades en términos ecoambientales y/o de bioremediación. Dentro de este complejo enzimático se destacan las fenol-oxidasas, entre ellas la lacasa (p-difenol: dioxígeno: óxido-reductasa), la cual participa en la degradación de la lignina y compuestos similares en ausencia de lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa³³.

³⁴Reporta que, de forma general, y basándose en las especies cultivadas, *Pleurotus* presenta un sombrero o píleo liso convexo, casi siempre en forma de ostra o concha. Puede presentar escamas hacia el centro o en la base y los cuerpos fructíferos son por lo general concrecentes. El píleo puede medir entre 5 y 12 cm de diámetro. Su color es muy variable, pudiendo ser negro violáceo, pardo ceniciento, gris, amarillo, blanco, rosa según la especie. Sus laminillas son muy decurrentes, anastomosadas en la base, anchas, blancas y algunas veces amarillas. El estípite es corto, excéntrico o lateral, engrosado gradualmente hacia el lado del sombrero o píleo, algunas veces no se presenta. Generalmente mide alrededor de 2 cm de largo, 1-2 cm de grosor, y es blanquecino y de contexto blanco. Las esporas son de color lila o crema en masa, elipsoide y de 9.5×3.5 micras en promedio³⁵.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género *Pleurotus*

Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Basidiomycota</i>
Clase	<i>Homobasidiomycete</i>
Subclase	<i>Hymenomycete</i>
Orden	<i>Agaricales</i>
Familia	<i>Pleurotaceae</i>
Género	<i>Pleurotus</i>
Especies más comunes:	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-cajú</i> , <i>P. florida</i> , <i>P. eryngii</i> <i>P. pulmonarius</i> , <i>P. d'jamour</i> , etc.

Fuente: Tomado de Calvo-Bado (2001), modificado por Paredes (2008).

Desde el punto de vista nutricional, Leben (2004) afirma que los basidiocarpos de *Pleurotus*, son una excelente fuente de proteína (30– 40% peso seco) ya que

³²RODRÍGUEZ ET AL., 2003; MUEZ Y PARDO, 2001. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. Rev. Iberoamer. Micol. 20:164 - 168.

³³ MAYER Y STAPLES, 2002 citados por Rodríguez et al., 2003. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. Rev. Iberoamer. Micol. 20:164 - 168.

³⁴CALVO – BADO. Sistemática del género *Pleurotus* con énfasis en las especies cultivadas. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. SÁNCHEZ, J., ROISE, D. (Eds). Editorial LIMUSA, México. Pág. 71-79.2001

³⁵ GUZMÁN. El cultivo del shiitake en troncos de encino en México. *Reporte Científico No. Esp. 13*: 171 - 181.1990.

contienen todos los aminoácidos esenciales (mayoritariamente alanina, ácido glutámico y glutamina). Tienen un elevado contenido de carbohidratos, que en el caso de *P. ostreatus* alcanza un 57%, con un 14% de fibra cruda, de los cuales el 47% es fibra dietética; posee de 3 a 5% de lípidos, entre 4.8 y 7.8 mg/100g de tiamina, 4.7 a 4.9 mg/100g de riboflavina y 55 a 109 mg/100g de niacina en base a peso seco.

Como el hongo absorbe los minerales que contiene el sustrato, contienen buena cantidad de fósforo, potasio, zinc, cobre, manganeso y, en menor proporción, calcio, aluminio y sodio. Cuando crece sobre ciertos sustratos, se han encontrado trazas de metales pesados. Actualmente, son objeto de estudio algunas propiedades medicinales del hongo. Se cree que puede actuar como tónico e inmunoestimulante, con efectos antitumorales, antivirales, antiinflamatorios, hepatoprotector, antioxidante y regulador del colesterol.

En la agricultura y fitotecnia, también se le ha encontrado un potencial como controlador biológico.³⁶ encontraron que especies degradadoras de madera como *P. ostreatus*, *P. cornucopiae*, *P. cystidiosus*, *P. strigosus* y *P. subareolatus* producen toxinas capaces de inmovilizar nematodos por contacto, los cuales colonizan y consumen posteriormente para suplir algunas necesidades de nitrógeno que no encuentran en la madera. Así mismo, algunas especies del género *Agrobacterium* y *Pseudomonas* pueden ser atacadas y destruidas por este tipo de hongos (Leven, 2004).

2.1.3. Cultivo de *Pleurotus* spp. En el transcurso de los últimos veinte años, la expansión e implantación del cultivo de *Pleurotus* spp. no ha cesado de evolucionar a un ritmo importante de crecimiento permanente por todo el mundo. Como consecuencia de ello, el cultivo de los hongos *Pleurotus* spp. ha alcanzado con sorprendente rapidez el tercer lugar en las cifras de producción mundial de hongos comestibles cultivados, tras el histórico *Agaricus bisporus*, que cuenta con más de tres siglos de trayectoria productiva, y el shiitake (*Lentinula edodes*)³⁷.

Las especies de *Pleurotus* crecen de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulósicos, sin embargo, cada cepa tiene sus capacidades y requerimientos

³⁶ RODRÍGUEZ Y JARAMILLO . reportan que Borron y Thorm (1987) Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. Canadian Journal of Botany, 65: 774-778.2005

³⁷ MUEZ Y PARDO. SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001. . La preparación del sustrato. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse (eds.), La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur. Limusa–Grupo Noriega Editores. México, D.F. pp. 159–186. 2001

propios, que deben evitar cambiarse sin previa investigación³⁸. Se pueden utilizar como sustratos diversas plantas o partes de ellas, ricas en lignina tales como pajas de cereales, maderas, aserrín, estopa de coco, subproductos de agroindustria (hojas de maíz, hojas de alcachofas, vainas de legumbres, hojas de musas, desechos de algodón, desechos de caña de azúcar, etc.)³⁹.

Para elegir el material más adecuado como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, deben tenerse en cuenta que haya disponibilidad suficiente y continua, las características físico-químicas y su regularidad, localización fácil y cercana, material fácilmente manejable y transportable⁴⁰. Es de gran importancia determinar la compatibilidad del sustrato con los requerimientos nutricionales del hongo⁴¹. Recomiendan que para aumentar la superficie de contacto que facilite la pasteurización y colonización, el tamaño de las partículas no debe ser mayor de 5 ó 10 cm.

El cultivo de *Pleurotus* spp. comprende las actividades de pasteurización del sustrato, siembra, incubación, fructificación y cosecha, y mientras más cuidado se tenga al realizar estas actividades, mejores serán los rendimientos.⁴²

2.2. PASTEURIZACIÓN

Es una técnica que tiene por función disminuir la cantidad de organismos, sobre todo nocivos, que pueden competir con el hongo en la utilización del espacio y de los nutrientes, con el fin de garantizar una colonización eficaz. La pasteurización puede darse por medio de un proceso de compostaje durante la preparación del sustrato, de fermentación, o mediante un tratamiento químico o térmico, después de haber mezclado y homogenizado los ingredientes.

De acuerdo con (Sanchez y Royse 2001)⁴³, el compostaje como tratamiento para la pasteurización del sustrato se ha usado con éxito en el cultivo del champiñón; y para el caso de las especies de *Pleurotus*, algunos estudios recientes indican que es posible obtener rendimientos aceptables si se preparan ciertas mezclas de

³⁸ SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001.op,cit.p.241

³⁹ MUEZ Y PARDO. Fan *et al.*, 2000 citados por Job, 2004. Op, cit.p. 143.2001.

⁴⁰ LEVANON Y DANAI, 2001; SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001; Gaitán *et al.*, 2002

⁴¹ FRANCE Y CAÑUMIR, y García 2002 El cultivo del hongo ostra. Proyecto FIA. Ejecutado por INIA Quilampu y la Universidad de Concepción.2003

⁴² MUEZ Y PARDO, SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001.op, cit.p.39.

⁴³ SÁNCHEZ Y ROYSE 2001. Op,cit.p.175

materiales orgánicos con 2% de cal y se aplica un compostaje de 2 – 3 días (procurando mantener temperaturas entre 50 y 60°C). En efecto, Hernández *et al.* (2001) citados por Sánchez y Royse (2001), demostraron que si se compostea una mezcla de paja (70%) más pulpa de café (30%), también con 2% de cal, se puede obtener una eficiencia biológica (EB) de alrededor de 100% en dos cosechas. Lo notable de este método es que la preparación del sustrato no requiere de uso de energía convencional (leña, gas, etcétera), durante la siembra no se exigen condiciones de asepsia rigurosas, se obtiene buena colonización por el hongo y una fructificación aceptable. Estudios en curso permitirán definir mejor esta técnica en cuanto al control del compostaje, el empleo de una mayor diversidad de materiales, el uso de suplementos y el incremento en la productividad.

2.2.1. Siembra. Consiste en el agregar de forma manual o mecanizada la semilla o inóculo al sustrato (que debe estar a temperatura ambiente) y distribuirla de manera homogénea bajo condiciones asépticas y sin la influencia de corrientes de aire. La tasa de inoculación va en función del sustrato. En el caso de especies de *Pleurotus* se han usado tasas de inoculación que varían entre 0.8 y 15%. La definición de este valor depende de las características tanto de la cepa o el inóculo, como del sustrato donde se siembra. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo por compra de inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato, lo cual aumenta el riesgo de contaminación. En general, en la siembra comercial es común utilizar tasas de inoculación del 0.6-20.8%,⁴⁴ lo que es rentable pero demuestra que si la semilla no se distribuye de manera homogénea en el sustrato, el hongo no crece a su tasa óptima.

2. Incubación. Es la etapa que permite la colonización del sustrato por el hongo, de preferencia a temperatura y humedad óptimas para cada cepa, y en la oscuridad. La mayoría de las especies de *Pleurotus* tienen crecimiento micelial óptimo entre 25 y 28°C, sin embargo la temperatura varía según las cepas. Durante la incubación, cuatro o cinco días después de haber efectuado la siembra, se hacen de 20 a 40 perforaciones bien distribuidas (con una aguja o navaja estéril) en la parte superior de la bolsa de polietileno y de preferencia sin tocar el sustrato. Esto se hace porque inicialmente se requiere una concentración alta en CO₂ para estimular el crecimiento micelial (hasta niveles cercanos al 25%), pero pasados estos niveles, el CO₂ limita el desarrollo y es necesario facilitar el intercambio con aire fresco. Cuando se usan bolsas de 25 kg, cuatro o cinco días después de la siembra, además de las perforaciones mencionadas se hacen alrededor de 15 perforaciones (de 8-10 cm cada una) distribuidas en tres hileras a lo largo de la bolsa de sustrato. Por estas perforaciones brotarán más adelante los cuerpos fructíferos⁴⁵.

⁴⁴ SANCHEZ Y ROYSE.2001, OP,CIT.P. 193-194

⁴⁵ SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* México Editorial Limusa, op,cit.p. 285.

2.2.2. Fructificación. Se produce cuando el micelio ha colonizado el sustrato de tal manera que ya no se distingue el aspecto ni la coloración del sustrato inicial, sino que al contrario éste se ve como una masa compacta de superficie homogénea blanco-algodonosa. En este momento se deben realizar ciertos ajustes ambientales para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. La fructificación depende de las condiciones ambientales⁴⁶ y puede llevarse a cabo en un área con condiciones controladas o, cuando las condiciones lo permiten, a la intemperie⁴⁷.

Las cepas tropicales de *Pleurotus spp.* fructifican bien a una temperatura de 20-28°C y humedad relativa de 60-95%⁴⁸; sin embargo, para el caso específico de *P. ostreatus* se ha observado que una humedad de 85-90% es más adecuada, y que valores inferiores al 80% afectan negativamente la formación de carpóforos⁴⁹. La humedad relativa y la humedad de los sustratos (pasteles), se pueden controlar mediante riegos, decisión que depende del conocimiento del cultivador⁵⁰.

La renovación de aire en la sala de fructificación debe ser constante porque el incremento en la concentración de CO₂ afecta sensiblemente el desarrollo de las especies de *Pleurotus*. Dependiendo de la cepa, las concentraciones de CO₂ superiores a 700 ppm, pueden producir desde un ligero alargamiento del estípite, hasta la no formación del píleo y niveles superiores a 1000 ppm pueden inhibir la fructificación⁵¹. Una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO₂ y el exceso de ventilación puede producir resequedad del sustrato, por lo cual se debe buscar un equilibrio⁵².

La luz es otro factor a tener en cuenta en la fructificación de *Pleurotus spp.* Autores como (Sanchez y Royse 2001)⁵³ indican que estas especies requieren luz de longitudes de onda corta (cargado hacia el color azul del espectro) y si ésta se proporciona con lámparas fluorescentes, se debe aportar una cantidad suficiente para leer material impreso (aproximadamente 150-200 lux). La luz del día suele ser suficiente para obtener buenas fructificaciones y no se ha demostrado que

⁴⁶ SÁNCHEZ, 2001. INOCULATION of Wheat var. Pavon with *Azospirillum spp.* and *Azotobacter beijerinckii*. Terra Latinoamericana Vol. 23 No 1. Pp. 65-72.

⁴⁷ SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001. OP CIT, P. 27

⁴⁸ CHANG Y HAYES, 1978. *The biology and cultivation of edible mushrooms*. New York: Academic Press.

⁴⁹ SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001. OP.CIT,P 36

⁵⁰ WUEST, 1982 citado por Sánchez y Royse, 2001. Op, cit.p.

⁵¹ KURTZMAN Y ZADRAZIL, 1989; Chang y Miles, 1989; Chang y Hayes, 1978.op,cit.p.215

⁵² SÁNCHEZ Y ROYSE, 2001. OP.CIT,P.63

⁵³ Sánchez y Royse 2001.op.cit,p 43

iluminar más tiempo permita mejor rendimiento. Por ejemplo (Kamra y Zadrazil 1986)⁵⁴ encontraron que una exposición diaria de 20 minutos a la luz es suficiente para que *P. pulmonarius* fructifique.

2.2.3. Cosecha. En condiciones normales, dos o tres días después de haber puesto los pasteles bajo las condiciones ambientales necesarias para inducir la fructificación, empiezan a aparecer los primordios. De cuatro a seis días después, dichos primordios se han desarrollado normalmente, cubren la totalidad de la superficie del pastel y están en madurez comercial, listos para ser cosechados. Para cosechar se debe observar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin dejar que el borde del píleo se ponga totalmente plano o comience a enrizarse hacia arriba porque se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas. La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato; aunque en algunos lugares se prefiere tomar delicadamente los hongos con la mano, sin dañarlos y sin producir hoyos en el sustrato⁵⁵.

Algunas aplicaciones del cultivo de *Pleurotus* spp. El cultivo de *Pleurotus* spp. es de gran importancia para el reciclaje de desechos orgánicos contaminantes más comunes en la industria relacionada con el bosque (madera, papel, etc.), la agricultura y la jardinería, los cuales son, en su mayoría, lignocelulósicos. Sin embargo, es importante que el ciclo de aprovechamiento de dichos sustratos (colección, transporte, almacenamiento y procesamiento de los desechos usados para el sustrato, la siembra, el cultivo y la cosecha de los hongos) se cierre con la eliminación o utilización de los sustratos degradados por el hongo (SDH) para que el sistema no sólo sea ambientalmente amigable sino también benéfico y saludable. Por ejemplo, el SDH puede ser usado como alimentación nutritiva para rumiantes (vacas, ovejas y cabras) ya que aumenta la digestibilidad del forraje, y su estiércol a la vez puede proveer abono orgánico para uso en agricultura⁵⁶.

Por otro lado, a través de sus enzimas extracelulares, los hongos de pudrición blanca tienen la habilidad de degradar no sólo el sustrato (lignina y celulosa), sino también compuestos Xenobióticos (plaguicidas tóxicos y otros productos que ponen en peligro la salud humana y la calidad ambiental)⁵⁷, los cuales son químicos órgano-sintéticos usados en la industria, la agricultura, el transporte y el hogar. Como los sustratos lignocelulósicos tienen la particularidad de adsorber

⁵⁴ KAMRA Y ZADRAZIL 1986 Influence of gaseous phase light and substrate pretreatment on fruit-body formation, lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw fermented with *Pleurotus* spp. Agricultural Wastes, 18, 1-17.

⁵⁵ SÁNCHEZ y Royse, 2001.op,cit.p137

⁵⁶ LEVANON Y DANAI, 2001.op,cit.p.209

⁵⁷ POPOFF, 2005; RODRÍGUEZ et al., 2003; Levanon y Danai, 2001; Muez y Pardo, 2001; Royse y Sánchez, 2001

plaguicidas que luego el hongo degrada y transforma, el SDH podría ser utilizado como biofiltro de agua y aire, ya que la adición de sustrato fresco al hongo le permite crecer y continuar su actividad biodegradadora⁵⁸.

Entre los otros usos benéficos del SDH, reportados por Levanon y Danai (2001), se observa que es usado de manera creciente como un mejorador orgánico para macetas en la horticultura, por ejemplo como sustituto de turba; como abono orgánico (agricultura y horticultura). Es un componente primario para la reconstrucción de pantanos diseñados para remediar el agua efluente del drenado de minas, sirviendo como soporte para flora y fauna y para absorber metales pesados; como un estabilizador orgánico de suelo en sitios severamente perturbados (sitios de excavación, laterales de carreteras, especialmente en áreas montañosas y espacios verdes urbanos multiusos). También sirven para dar volumen al compost de otros desechos animales o agrícolas y como nutriente especial para la cría de lombrices y producción de vermicompost, y este último ser usado finalmente en la agricultura (plantas ornamentales) como abono.

Resulta claro que el concepto básico de agricultura sustentable implica el reciclado de materiales, lo cual significa que hay un uso potencial para cada subproducto, por lo que cada uno de estos es considerado como sustrato potencial en lugar de un producto de desecho. Los desechos en cada etapa representan el sustrato para la etapa siguiente. Esto también significa que un ambiente sano y limpio no es menos importante que los altos rendimientos y la buena calidad del producto⁵⁹.

2.2. BREVE CRONOLOGÍA DEL CULTIVO DE LAS SETAS

Es lógico pensar que desde tiempos remotos se intentara cultivar las setas más apreciadas. Existen algunos indicios de que los romanos intentaron cultivar el champiñón en cuevas oscuras y húmedas y, aunque falten datos concretos que corroboren esta afirmación, al menos sabemos con certeza que algunas setas eran consumidas por los epicúreos de Roma, que el tráfico de setas estaba regido por leyes y que se conocían las diferencias entre ciertas especies comestibles y venenosas. A este respecto cabe recordar que el emperador Claudio fue envenenado por su cuarta esposa Julia Agripina mezclando *Amanita caesarea* con setas venenosas. Igualmente las propiedades afrodisíacas y de la prolongación de la vida atribuida a determinadas especies llevaron a Julio Cesar a publicar un edicto prohibido a sus tropas comer estos organismos.

⁵⁸ MASAPHY Y LEVANON, 1992 citados por Levanon y Danai, 2001

⁵⁹ PAREDES, 2008. Op, cit.p.79.

El primer cultivo de hongos comestibles del que se tiene evidencia corresponde a una especie de *Auricularia* (*A. aurícula-judae*) u “oreja de judas” en el año 300 A.C en China, sobre troncos de madera, habiéndose extendido después hasta Filipinas y Taiwán. Le sigue en antigüedad, desde el siglo IX D.C., el hongo *Flamulina velutipes*, “seta de invierno o pie de terciopelo”, cultivado también sobre madera muerta o en vías de descomposición, en la zonas frías de Japón, China y Taiwán, y a partir del año 1000, *Lentinula edodes*, “Shiitake o lentinelo anisado”, cultivado en China y Japón originalmente también sobre troncos, y recientemente expandiéndose por Europa y Estados Unidos gracias a la adaptación de su cultivo sobre sustratos artificiales⁶⁰.

2.3.1. Importancia de las setas. En la salud “como tónico y medicamento”. La sustancia pleurotin es un compuesto policíclico, el cual ha sido aislado del hongo *P. griseus*, y posee propiedades antibióticas. Algunos polisacáridos solubles en agua caliente aislados de carpóforos poseen actividad antitumoral. *Pleurotus* spp. Por su alto contenido de fibra dietética tienen potencial para ser utilizados en las dietas terapéuticas para la hiperlipemia y la diabetes⁶¹.

En China hay una larga lista de los usos de muchas especies de setas como medicamentos y tónicos. Los estudios modernos sobre medicina china han aislado e identificado con éxito compuestos derivados de muchas de estas setas, los cuales han comprobado ser beneficiosos en el tratamiento de ciertas enfermedades. Aún más, un área activa de la investigación moderna involucra la búsqueda de especies de setas, de compuestos para utilizar en el tratamiento de varios tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades virales, entre otras. Las setas juegan diversos papeles de considerable importancia en el mundo. Su utilidad para el hombre como alimento, como tónico y medicamento, y también en la bioconversión de materiales orgánicos de desechos en forma que pueden hacer parte de los ciclos mayores de nutrientes, son todos de gran beneficio, tanto para el hombre como para la naturaleza⁶².

Como alimento para el hombre “valor nutritivo”. Desde tiempos antiguos el hombre ha consumido la seta como alimento. Inicialmente, podría ser su agradable sabor y textura lo que resultaba atractivo, y en algunas sociedades su uso estaba limitado a la realeza. En los tiempos modernos, el cultivo de las setas ha aumentado de manera constante con la producción anual de 4.27 millones de

⁶⁰ GARCÍA, 2002. Op, cit.p. 537

⁶¹ RAJARATHNAM Y BANO, 1991 citados por Rodríguez y Jaramillo. 2005

⁶² CHANG Y MILES, 1997. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales publicados por el instituto ZERI para América Latina.

toneladas métricas en 1991. En una era en la cual la gente ha tomado gran interés por la nutrición humana, la creciente conciencia en el último par de décadas sobre los méritos nutricionales de las setas ha aumentado el consumo⁶³.

Pleurotus spp. Son considerados un alimento de gran valor nutritivo debido a su alto contenido de proteína, fibra y minerales. Los valores de proteína cruda digestibles están en el orden del 27% para *P. florida*, del 10,5 al 30,4% para *P. ostreatus* y del 26,6% para *P. sajor-caju*, dependiendo de las condiciones de cultivo⁶⁴. El contenido de grasas promedio en *Pleurotus* spp. es del 2,85%. Aproximadamente, un 72% de los ácidos grasos totales se encuentran como insaturados. El alto contenido de este tipo de ácidos grasos es un factor importante para considerarlos como alimentos muy saludables.

También, las especies de *Pleurotus* poseen un alto contenido de fibra. Esta característica permite su preparación en forma de conservas, debido a que soportan tratamientos térmicos drásticos⁶⁵. Los principales constituyentes de las cenizas son el K y el P. Además, las concentraciones de Pb, Cd, Cu, y Zn, se encuentran dentro de los límites prescritos aceptados por la Organización Mundial de la Salud, y el contenido de minerales en los carpóforos es más alto que el de muchas frutas y vegetales⁶⁶.

Por su potencial como controlador biológico. Según Rodríguez y Jaramillo (2005), Borron y Thorm (1987) encontraron que los hongos que pudren la madera como *P. ostreatus*, *P. cornucopiae*, *P. cystidiosus*, *P. strigosus* y *P. subareolatus*, atacan y consumen nematodos. Probablemente, porque debido a los bajos niveles de nitrógeno disponible en la madera necesitan los nutrientes de estos como suplemento alimenticio. *Pleurotus* spp. Producen toxinas en sus glándulas secretoras espatuladas. Cuando los nematodos tocan las gotas de toxinas quedan inmóviles. Posteriormente, algunas hifas del hongo, estimulada por los productos excretados por el hospedante inmóvil, se dirigen hacia los orificios del cuerpo del nematodo, para colonizarlo y digerirlo. De igual forma, micro-colonias de especies de bacterias del género *Agrobacterium* y *Pseudomonas* pueden ser atacadas y destruidas por el hongo *Pleurotus* spp.

⁶³ CHANG Y MILES, 1997. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales publicados por el instituto ZERI para América Latina.

⁶⁴ CHANG Y MILES, 1989. *Edible mushrooms and their cultivation*, Florida: CRC press.

⁶⁵ ANDREOTTI Y TOMASICCHIO, 1975 citados por Rodríguez y Jaramillo, 2005

⁶⁶ EL-KATTANET AL., 1991 citados por Rodríguez y Jaramillo 2005

2.3. EFECTOS ANTITUMORALES

Recientes investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles entre los que destacan las que conocemos en México con el nombre de “setas” (*Pleurotus ostreatus*), contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos. Seguramente el mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales al enfermo⁶⁷.

2.4. EFECTOS ANTIVIRALES

Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus (Leben, 2004).

Se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos⁶⁸. El alto contenido del ácido glutámico en muchos hongos comestibles, que es un aminoácido que se sabe tiene un efecto estimulante del sistema inmunológico, se encuentra en concentraciones particularmente altas en las setas y en una forma natural del glutamato monosódico (MSG por sus siglas en inglés) es una sal que se utiliza para dar realce a diferentes tipos de alimentos y platillos⁶⁹.

⁶⁷ CHANG Y MILES, 1997.op,cit.p.125

⁶⁸ SHOKUKIN, 1998 citado por Leben, 2004.op,cit.p.202

⁶⁹ LEBEN, 2004. Propiedades medicinales y nutricionales de los hongos comestibles. Camino a Guadalupe Victori S/N, Capulhuac, Edo. De México.

2.5. EFECTO ANTI INFLAMATORIOS

Tienen también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus*⁷⁰, *Pleurotus ostreatus* (Noda Sokukin) y *P. Cornucopia*. Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas. Otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus* o Setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos⁷¹.

2.5.1. Control del colesterol. Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en sangre y el colesterol en el hígado, por otro lado en estos experimentos se detectó un aumento en la relación fosfolípidos-colesterol lo cual sugiere un efecto antiaterogénico favorable, es decir que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos⁷². Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) de la sangre de nombre Lovastatin o Lovastatina cuyo uso ha sido aprobado en los Estados Unidos por la FDA y que se utiliza como principio activo de diferentes medicamentos recetados comúnmente por los médicos para el tratamiento de la hipercolesterolemia, el más conocido de estos es el Mevacor⁷³. Por otro lado, las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol⁷⁴.

⁷⁰ Yoon et al. 1995 citado por Leben, 2004.op,cit.p.207

⁷¹ Beltrán García et al., 1997 citados por Leben, 2004.op,cit.p.142

⁷² Bobek et al, 1990. Opletal et al, 1997 citados por Leben, 2004.op,cit.p.163

⁷³ Gunde y Cymerman, 1995 citados por Leben, 2004.op,cit.p.165

⁷⁴ Leben, 2004 Propiedades medicinales y nutricionales de los hongos comestibles. Camino a Guadalupe Victori S/N, Capulhuac, Edo. de Mexico.

2.5.2. Efecto hepatoprotector. En otros experimentos que se realizaron con ratas de laboratorio a las que se suministró setas deshidratadas en un 2%, con una dieta rica en grasa, durante 6 meses, se demostró que lograron bajar los niveles de colesterol y triglicéridos en un 65-80%, en comparación con las ratas control. A nivel histológico se encontró que el depósito de grasa en el hígado era mucho menor con lo que se puede hablar también de un efecto hepatoprotector. Este efecto fue probado posteriormente en ratas sometidas a una dieta con alcohol etílico (ratas borrachas), y el resultado de los estudios demostró en las ratas que consumieron *Pleurotus* (setas) lograron una protección de la estructura hepática de hasta el 40%.

2.5.3. Efecto antihipertensión. Además de que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepción. También se ha demostrado que la ingesta de setas, permite una mejor absorción de minerales a nivel intestinal, esto debido a la presencia de metaloproteínas⁷⁵.

2.5.4. Efecto antioxidante. Los hongos de la pudrición blanca, (hongos que crecen en troncos de madera) a los que pertenecen los *Pleurotus* o setas, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes⁷⁶.

Para la mayoría de la población, el comer bien significa incluir en su dieta diaria frutas, verduras y cereales, principalmente. Sin embargo, el consumo de alimentos que aporten proteínas y otros nutrientes es importante pero no suficiente, además de ello deben de ser saludables⁷⁷.

Por citar algunos ejemplos, los espárragos y las toronjas poseen cualidades cuyo consumo da un valor agregado a nuestra salud. Los primeros contienen folato, el cual es necesario para el control de la homocisteína -sustancia cuyo exceso aumenta el riesgo de afecciones cardíacas, y adicionalmente es indispensable durante el embarazo ya que protege al feto contra defectos del tubo neural. Su contenido de antioxidantes como el betacaroteno y glutathione son de gran

⁷⁵ HOBBS, 1996 citado por Leben, 2004.op,cit.p.152

⁷⁶ CAPICH Y SHASHKINA, 1992 citados por Leben, 2004.op,cit.p.302

⁷⁷ GAITÁN, 2005.op,cit.p.211

importancia, así como la presencia de minerales como el potasio. Por su parte la toronja también contiene betacaroteno y licopeno, este último se ha encontrado que reduce el riesgo de contraer cáncer de próstata. Sin embargo, no sólo existen los alimentos de uso común, sino otros como los hongos cultivados, a los cuales se les da poca difusión y como consecuencia hay un conocimiento escaso de ellos⁷⁸.

Los hongos han sido conocidos especialmente por las culturas orientales, particularmente en China y Japón, por sus propiedades medicinales, su agradable sabor y valor nutricional. Se han utilizado como alimento en todas las épocas y en todas las culturas. Desde hace siglos los hongos son un alimento básico en muchos países, y Japón se ha puesto a la vanguardia en la investigación sobre sus beneficios para la salud.

Las proteínas de los hongos poseen los nueve aminoácidos esenciales en la dieta para el ser humano y contienen vitaminas como la B1, B2, B12, D, niacina y ácido pantoténico. Aún más, los japoneses han encontrado que ciertos hongos refuerzan el sistema inmunitario y ayudan a combatir el cáncer, las infecciones y enfermedades como la artritis reumatoide y el lupus enfermedad de la piel. Tienen alto contenido de ácido glutámico aminoácido que entre otras funciones inmunitarias ayuda a combatir las infecciones, tienen alto contenido de potasio que ayuda a reducir la presión arterial.

El conocimiento de los hongos medicinales se ha expandido en la civilización humana cada día más. En la actualidad, mediante técnicas modernas, se han identificado numerosos componentes bioactivos, los cuales exhiben efectos anticancerígenos, antitumorales, antivirales, antibacteriales, hipocolesterolémicos y hepatoprotectivos.

A pesar de que existe un gran número de hongos con propiedades medicinales, sólo unos pocos han sido seriamente estudiados y utilizados, entre ellos el Portabello (*Agaricus campestris*), el champiñón común (*Agaricus bisporus*), el champiñón del sol (*Agaricus blazei*), el shiitake (*Lentinula edodes*) y el hongo seta (*Pleurotus spp.*).

Al Portabello y al Champiñón común se les ha encontrado selenio, el cual ayuda a prevenir el cáncer de próstata. Este compuesto interactúa con la vitamina E para neutralizar los radicales libres que dañan las células. En experimentos con

⁷⁸ GAITÁN..op,cit.p 231

animales de laboratorio, los investigadores del Centro de Cancerología City of Hope de Los Ángeles, han observado que ciertas sustancias del champiñón, neutralizan la acción de una enzima que interviene en la producción de estrógenos hormona que puede propiciar la aparición de cáncer en mujeres posmenopáusicas.

El champiñón del sol, hongo de origen brasileño, ha demostrado tener un importante efecto anticancerígeno, presenta polisacáridos que fortalecen el sistema inmunológico y reduce la glucosa en sangre, entre otras cualidades. Por su parte, en el shiitake, el hongo japonés, poco conocido en México pero muy estudiado en otros países, se ha detectado la presencia de lentinano, que en experimentos con animales, se ha determinado que vigoriza la actividad inmunitaria, y de eritadenina que ayuda a reducir la concentración de colesterol en la sangre.

Las setas comúnmente comercializadas en los mercados y centros comerciales de México, contienen polisacáridos anticancerígenos. También producen lovastanina, un compuesto aprobado en los Estados Unidos por la FDA (Food and Drug Administration) en 1987, para tratar los altos niveles de colesterol en sangre. Adicionalmente, estudios con ratas de laboratorio parecen indicar que las setas poseen propiedades antitumorales⁷⁹.

Actualmente, los hongos son un recurso prometedor de alimento fisiológicamente funcional, así como una fuente para el desarrollo de medicinas, productos farmacéuticos tales como drogas, suplementos dietéticos y bebidas saludables.

Otros ejemplos de la utilización de los hongos superiores son la “biosorción” y la “biorremediación” o eliminación biológica de contaminantes de los suelos agrícolas contaminados o de los productos de desecho. Dentro de este apartado se incluyen las contaminaciones por metales pesados, pesticidas y herbicidas, hidrocarburos del petróleo, desagüe ácido de las minas de carbón y los efluentes de las papeleras industriales⁸⁰.

La captación de metales pesados y radiactivos se realiza por los distintos componentes polisacáridos, altamente reactivos, de las paredes celulares de estos hongos, fenómeno bien estudiado en *V. volvácea*. Los materiales así ligados pueden ser convenientes inmovilizados en forma de materia inerte o recuperados.

⁷⁹ Gaitán, .op,cit.p.202

⁸⁰ García,.op,cit.p.165

La contaminación de suelos, aguas superficiales profundas producidas por el aumento de utilización e herbicidas y pesticidas altamente tóxicos, ha proporcionado el cultivo de ciertos hongos superiores capaces de degradarlos: *P. ostreatus* y *pulmunarius* degradan el herbicida atrazina⁸¹, *P. ostreatus* mineraliza también el persistente DDT⁸² y *L. edodes* metaboliza el insecticida pentaclorofenol⁸³, etc. Las refinerías de petróleo y sus áreas de influencia ocasionan la contaminación de suelos con hidrocarburos aromáticos policíclicos, como el fenantreno, que es mineralizado eficientemente también por *P. ostretus*⁸⁴. Los sustratos residuales particularmente del cultivo de champiñones, dado su alto contenido de carbono orgánico y caliza, son muy eficaces para el tratamiento del desagüe ácido de las mismas de carbón. Los efluentes que generan las industrias de pasta de papel, formados principalmente por lignina coloreada y derivados de la clorolignina y causantes de severos daños medioambientales, son muy bien degradados por estos hongos lignolíticos⁸⁵.

⁸¹ Masaphy et al., 1993 citados por García, 2002.op.cit.p.167

⁸² Higson, 1991 citado por García, 2002.op.cit.p.302

⁸³ Okeke et al., 1996 citados por García, 2002

⁸⁴ Benzalel et al., 1996 citados por García y otros, 2004

⁸⁵ García, 2004. El cultivo de los hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Anal. Real. Acad. Nac. Farm. 65: 753-776

3. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE *PLEUROTUS OSTREATUS*.

El cultivo de esta seta es posible realizarlo con diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25° C, mientras se tiene envuelto el plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a, menos de 15° C, hasta que salgan las setas.

3.1. PROBLEMÁTICA EN EL CULTIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLE

El cultivo de los hongos *Pleurotus* spp., al igual que cualquier otro cultivo no está exento de enfermedades y plagas. Sin embargo teniendo en cuenta que su producción se hace bajo condiciones de invernadero, es posible mantener las pérdidas del cultivo en porcentajes muy bajos, utilizando medidas preventivas, el control cultural y las trampas físicas, para obtener hongos orgánicos sin necesidad de utilizar plaguicidas⁸⁶.

3.1.1. Contaminantes. Este es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de setas. Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra.

Los contaminantes son hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*, entre otros.

3.1.2. Enfermedades. Este es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de setas. Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra. Los contaminantes son hongos (mohos), bacterias como *Pseudomonas tolaasii*(= *P. fluorescens*) y levaduras como *Dactylium dandroides*(= *Cladobotryum dandroide*, *Hypomices rosellus*), siendo de mayor importancia los hongos como

⁸⁶ RODRÍGUEZ Y JARAMILLO, 2005. Cultivo de Hongos Comestibles del género *Pleurotus ostreatus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. CENICAFE, Chinchiná-Caldas-Colombia. Boletín Técnico N° 27

Trichoderma, *Penicillium*, *Aspergillus*, *neurospora*, *MycogoneyCoprinus*, entre otros⁸⁷.

- **Telaraña (*Dactylium dandroides*) (= *Cladobotryum dandroides*, *Hypomyces rosellus*).**

Los filamentos de este hongo crecen rápidamente y se extienden sobre la superficie del sustrato y de las setas, cubriéndolas con un moho blanquecino, primero ralo y luego denso y harinoso. En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento pardusco, y se acelera su descomposición. Puede atacar a las setas recolectadas (García, 1978).

- ***Pseudomonas tolaasii* (= *P. fluorescens*).**

Esta bacteria ataca en cualquier fase del cultivo, desde el micelio en incubación a las setas ya formadas, disminuyendo o anulando la producción. En los sombreros de los ejemplares enfermos aparecen zonas de tamaño variable de color amarillo-pardusco o anaranjado, acaban pegajosos y si la temperatura y humedad son altas, se pudren pronto y huelen mal.

Para su control se aconseja procurar evitar el exceso de humedad, la adición de sustancias nitrogenadas y el calor. Se puede añadir hipoclorito sódico al agua de riego, solución de formalina al 0,2-0,3%, formol u otros productos.

3.1.3. Plagas. Las plagas las constituyen insectos que atacan a los cultivos de hongos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del sustrato, estos son de las llamadas “moscas de los hongos” como los Dípteros del género *Lycoriella* que ponen sus huevecillos en el sustrato donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de las fructificaciones adultas. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas “catarinas”: pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudychiris* que se comen los hongos en desarrollo⁸⁸.

- **Colémbolos.**

Son insectos diminutos sin alas que viven en el sustrato y se nutren del tejido fúngico, al tiempo que escarban pequeñas galerías irregulares. También se

⁸⁷ Gaitán *et al.*, 2002

⁸⁸ Gaitán *et al.*, 2002; Angulo, 2002 .op,cit.p.206

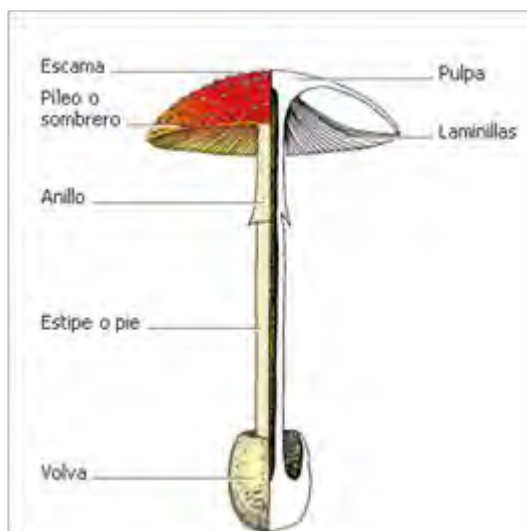
encuentran con mucha frecuencia entre las láminas de los cuerpos fructíferos, haciendo perforaciones. Son favorecidos por un exceso de humedad en el sustrato y el aire, y son sensibles a las temperaturas altas.

- **Dípteros.**

El daño lo causan sus larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros. Destacan algunas especies de mosquitos de los géneros *Lycoriella*, *Heteropeza*, *Mycophila* y moscas del género *Megaselia*.

Para el control de colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc. También pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato nebulizaciones con endosulfán o diclorvos⁸⁹, etc.

Figura 1. Partes de la seta



Fuente: Encarta (2007).

⁸⁹ GARCÍA, CONCEPCIÓN. 2002. El cultivo de los hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Académica correspondiente de la real academia nacional de farmacia. 197868: 753-776

3.2. EXPERIENCIAS PRODUCTIVAS CON COMUNIDADES

El cultivo de hongos comestibles ha sido una práctica productiva de mucha importancia en el ámbito medicinal y nutricional a nivel mundial, obteniéndose además buenos resultados mediante su comercialización⁹⁰. En América Latina, actualmente se está avanzado mucho en este campo y en países como México y Colombia se ha transferido la técnica de producir hongos comestibles en algunas comunidades rurales asentadas en el municipio de Buenaventura y el municipio de Quibdó Chocó en Colombia⁹¹.

Según Ríos y otros (2004), en el Municipio de Quibdó capital del Departamento del Chocó, se han capacitado en el manejo y producción de hongos comestibles *Pleurotus* spp., aproximadamente 300 personas cabezas de familia distribuidas en seis comunidades, con las cuales se mantiene un contacto permanente. Dichas comunidades han encontrado en esta actividad la solución al problema de inseguridad alimentaria y de desempleo en la localidad. En la actualidad se está trabajando en la consolidación de grandes empresas comunitarias para competir en el mercado nacional e internacional.

Bonilla (2007) ejecuto un proyecto de producción de hongos comestibles y medicinales con la comunidad de zacaria, proyecto el cual tuvo una aceptación favorable por las personas que participaron.

3.3. COMERCIALIZACIÓN DE *PLEUROTUS*

3.3.1. Marco teórico estadístico. Inicialmente se realiza una descripción sobre conceptos estadísticos que se emplearan en el contexto del desarrollo de la investigación como es el diseño de experimentos, elementos que intervienen en él, que son los niveles factores y tratamientos, en que consiste el error experimental, los principios básicos de un diseño experimental y el modelo de diseño experimental.

⁹⁰ CHANG, 1992; RODRÍGUEZ Y ZULUAGA, 1994. Un estudio de caso: Hongos tropicales. Publicado por el instituto ZERI para América Latina.

⁹¹ Ochoa citada por Ríos y Mosquera, 2004. Encuentro internacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, "El cultivo de hongos una herramienta de proyección social". Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luís Córdoba", Universidad Autónoma de Occidente.

3.4. DISEÑOS DE EXPERIMENTOS

La metodología de diseños de experimentos estudia cómo realizar comparaciones lo más homogénea posibles para aumentar, en consecuencia, la probabilidad de detectar cambios o variables influyentes. Comprobar si un tratamiento mejora un proceso, requiere comparar los resultados antes y después de aplicarlos.

Cuando existe mucha variabilidad entre los resultados, en otros términos, un gran error experimental, sólo detectaremos como influyentes a aquellos tratamientos que produzcan cambios muy grandes con relación al error experimental.

El diseño experimental es un paso vital para el éxito en los resultados del estudio, puesto que es en esta fase donde se definen los conceptos y principios básicos que van a ser observados o controlados para dar respuesta a las hipótesis de trabajo planteados, por las muestras obtenidas de un lote de almidón deben representar las condiciones promedio del mismo, por lo que se requiere que sean representativas. La confiabilidad de los resultados y su representatividad depende de factores tales como:

- Las muestras deben ser obtenidas por medio de un sistema estadísticamente representativo, obteniéndose porciones suficientes elegidas mediante un sistema adecuado.
- Utilizar equipos de muestreo adecuados.
- Las muestras deben protegerse de alteraciones desde su obtención hasta el análisis. Las condiciones ambientales pueden inducir alteraciones en ellas mientras llegan al laboratorio y son analizadas.

También se debe tener en cuenta que en la planeación del experimento intervienen aspectos como la eficiencia desde el punto de vista estadístico y la economía de recursos, o sea que el número de muestras que se definan deben cumplir con una determinada confiabilidad de acuerdo a los recursos disponibles.

3.4.1. Elementos que intervienen en un experimento. En el diseño de un experimento es necesario identificar los siguientes tópicos:

- El factor o factores, niveles de factores y tratamientos potenciales que pueden influir en la variabilidad de la respuesta.
- La Unidad Experimental, la cual se define como el objeto (persona o cosa) sobre las cuales se hacen mediciones de la variable respuesta después de aplicar un tratamiento.
- Reglas y procedimientos por medio de los cuales los tratamientos son asignados a las unidades experimentales o viceversa.
- Las mediciones que se obtienen sobre las unidades experimentales después de aplicar los tratamientos.

3.4.1.1. Factores, niveles y tratamientos. El factor y sus niveles se utilizan en estadística para determinar unas condiciones experimentales, las cuales van a ser aplicadas a las unidades experimentales dentro de la estructura del diseño seleccionado. Se diferencian dos clases de factores:

- De tratamiento
- De control del material experimental.

Los factores de tratamiento son los efectos que inciden sobre el fenómeno en estudio, mientras que los factores de control, son incluidos para lograr un mayor control sobre el material experimental.

3.4.1.2. Error experimental. Se presenta cuando existe fluctuaciones o discrepancias extrañas en la respuesta que no puede ser atribuible a un cambio de tratamiento. En el desarrollo de un modelo se puede presentar variabilidad en el material experimental y variación por los efectos de los factores no controlados y que pueden afectar el resultado. En general, el error experimental, puede reducirse utilizando material experimental homogéneo.

3.4.2. Principios Básicos de un Diseño Experimental

3.4.2.1. Principio de Aleatorización. La aleatorización, es un proceso en el que se aplican las leyes del azar, se logra asignando los tratamientos a las unidades experimentales de manera completamente aleatoria.

Este principio requiere que todos los factores no controlados por el experimentador y que puedan influir en los resultados se asignen al azar a las observaciones⁹². La aleatorización es fundamental en el diseño de experimentos ya que:

- Previene la existencia de sesgos.
- Evita de dependencia entre observaciones.
- Confirma la validez de los procedimientos estadísticos más comunes.

Utilizando este principio el experimentador está asegurando que los tratamientos no serán afectados en forma continua por fuentes extrañas de variación sobre las cuales el experimentador no tenga control.

Control local: Hace referencia la igualdad de condiciones en que se debe realizar la comparación de los tratamientos. Para lograr un buen control local se debe buscar unidades y condiciones experimentales homogéneas, aun cuando se haga lo posible por controlar estos factores que afectan el fenómeno, esto no se logra por su misma naturaleza (aleatoria). En general el objetivo de ejercer un buen control local es reducir el error experimental, para lograr un diseño eficiente. **Replicación:** Es importante distinguir entre repetir cada observación y repetir el experimento. Si tomamos dos medidas seguidas en cada condición experimental tendremos efectivamente cada observación repetida dos veces, pero no necesariamente un experimento replicado. La razón es que en la práctica la variabilidad de dos medidas seguidas suele ser menor que la existente entre observaciones más separadas.

Es importante replicar un experimento porque:

- Una sola replica no contribuye al conocimiento del fenómeno.
- Evita subestimar la variabilidad.

⁹² Peña D. 2002. Inoculation of Wheat var. Pavon with *Azospirillum* spp. and *Azoctobacter beijerinckii*. Terra Latinoamericana Vol 23 No 1. Pp 65-72.

- Permite tener una evidencia más clara de los factores que no se están controlando.

3.4.1.1. Modelo de Diseño Experimental. El modelo estadístico nos permite comparar efectos de dos o más tratamientos sobre la variable respuesta. En esta investigación es de interés, según lo planteado en los objetivos, de terminar la capacidad de crecimiento de los hongos *P.pulmonarius* y *P.ostreatus*.

Se hará uso de la teoría existente sobre modelos de diseño experimental, como el **Modelo de Diseño Completamente Aleatorizado**, de efectos fijos, desbalanceado. Se consideró este modelo porque se involucra un solo factor de tratamiento (mezclas de sustratos), de efectos fijos porque los tratamientos fueron seleccionados por el investigador y las conclusiones serán consideradas solo a los niveles de ese factor, desbalanceado porque no hay igual número de observaciones en los diferentes tratamientos.

Modelo Completamente Aleatorio: El diseño completamente aleatorizado es aplicable cuando las unidades experimentales son esencialmente homogéneas, es decir, cuando la variación entre ellas es pequeña. También en el caso en que la cantidad de material está completamente mezclado y luego se divide en porciones pequeñas para formar las unidades experimentales a las cuales se le asignan los tratamientos en forma aleatoria. El modelo viene dado por la ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \qquad j = 1, 2, \dots, r$$

Dónde:

- y_{ij} = Es la variable respuesta. Es una variable aleatoria tomada bajo el i-eximo tratamiento de la j-exima observación
- μ = Es la media general. Es el promedio general de la variable respuesta, sin tener en cuenta el efecto de ningún tratamiento.
- z_i = Es la componente de efecto fijo, debido al i-eximo nivel del factor de Tratamiento, donde (i) varia de 1, 2, 3, ..., a.
- e_{ij} = Es la componente del error aleatorio. Es una variable aleatoria no observable, que se produce por factores no controlados o no controlables en el experimento.

Los supuestos del modelo son:

$$E[\varepsilon_{ij}] = 0$$

$$V[\varepsilon_{ij}] = \sigma^2 I \quad \forall i, j$$

$$\text{Cov}[\varepsilon_{ij} ; \varepsilon_{i'j'}] = 0 \quad \forall i \neq i' \quad j \neq j'$$

Hipótesis asociadas al modelo: Efectos principales

$$H_0 = Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z \quad \text{vs} \quad H_a = Z_i \neq Z_{j'} \quad \text{para algún } i \neq i'$$

La hipótesis nula postula que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. El análisis de varianza asociado a estas hipótesis se presenta en la tabla 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza para probar la hipótesis de los efectos de los tratamientos en el modelo

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA
TOTAL	(an-1)	$SCT = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$		
TRATAMIENTOS	(a-1)	$SCTRAT = \frac{\sum_i Y_i^2}{n} - F.C$	$CMTRAT = \frac{SCTRAT}{(a-1)}$	$W = \frac{CMTRAT}{\sigma^2}$
ERROR	a(n-1)	$SCE = SCT - SCTRAT$	$\sigma^2 = SCE / a(n-i)$	$F.C = \frac{Y_{..}^2}{an}$

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Promover el establecimiento, siembra y cultivo de los hongos comestibles para los hongos *P. ostreatus* y *pulmonarius* en zona rural de Buenaventura, como una alternativa de producción de alimentos través del proceso de bioconversión de desechos lignocelulósicos contaminantes.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la capacidad de crecimiento de ***Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*** en el distrito especial de Buenaventura.
- Implementar la infraestructura necesaria en el entorno comunitario que permita la producción sostenible de los hongos comestibles *Pleurotus* spp. en residuos lignocelulósicos en el distrito de Buenaventura.
- Capacitar y transferir tecnología de producción semi-artesanal de los hongos comestible *Pleurotus* spp. en comunidades rurales del distrito de Buenaventura a través de estrategias de formación con participación comunitaria.
- Fomentar la actividad productiva autónoma y el consumo de hongos comestibles en la comunidad del distrito de Buenaventura.

5. CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS

5.1. HONGOS

5.1.1. *Pleurotus ostreatus*. Carne de color blanca, marrón o azul-gris, más gris-marrón, crecimiento de 20 – 20 cm, excéntrico a lateral, o ausente, blanco con una base de lana. Carne blanca, sabor y olor agradable. Laminas decurrentes, blancas al principio y luego con un tinte amarillento. Esporas impresión lila.

Las esporas su cilíndrico, 7,5-11 x 3-4 m. Hábitat a menudo en grandes grupos sobre tocones y troncos caídos o de pie, por lo general de árboles de hojas. Temporada todo el año. Comestibles y bueno. Distribución, América y Europa. El cultivo de *P. ostreatus*, es simple y requiere de poca inversión inicial. El sistema más común de siembra es en bolsas.

Como sustrato se puede usar casi cualquier elemento que contenga celulosa paja, aserrín, hojas etc. Se obtienen de 8 a 10 kg por metro cuadrado de superficie de cultivo entre cosecha.

Lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25 °C, mientras se tiene envuelto el plástico y por último mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a menos de 15 °C, hasta que salga las setas. Este hongo no requiere sustratos compostados, a diferencia de los champiñones⁹³.

- Nombre vulgar; seta ostra, seta de concha, belarri landu, orellana.
Ubicación; América del norte, Europa.
- Clasificación taxonómica
 - ❖ Reino: fungi
 - ❖ División: Basidiomycotina
 - ❖ Filo: Homobasidiomycetes
 - ❖ Clase: Agaricomycetidae
 - ❖ Orden: Tricholomatales
 - ❖ Familia: pleurotaceae
 - ❖ Género: pleurotus

⁹³ AGUILAR V.2012

- ❖ Especia: ostreatus
- ❖ Nombre científico: *P.ostreatus*
- ❖ Nombre común: hongo ostra, seta ostreada, Orellana

Cuadro 3. Requerimiento físico para el cultivo de hongos *P. ostreatus*

Morfología	Día	Temperatura	Humedad	Aireación
Crecimiento	1-4	22-24 °C	65%	N/A
Colonización de superficie	4-5	22-24 °C	65%	10 min/12h
Invasión	16-35	22-24 °C	65%	1h/8h
Formación de primordios	35-45	17-19 °C	70%	Permanente 300
Fructificación	Mas 45-54	18-21 °C	90%	Permanente 1200 a 1300

Fuente: (Arquímedes, 2007).curso de producción de hongos comestibles a cargo de laboratorio Biofungi. Costa Rica.

5.1.2. *Pleurotus pulmonarius*. Presenta un diámetro de 10-20 cm, con forma de abanico o en forma de embudo en grupos superpuestos de color blanco a crema. Tallo muy corto, lateral. Carne blanca. El olor de la harina o del amoníaco. Esporas blancas. Las esporas cilíndricas 7,5-11 x 3-4 m. Se encuentra en grupos de árboles. Predomina en temporada de otoño. Poco frecuente.

Esta seta es muy similar a las seta de ostra (*Pleurotus ostreatus*) aunque presenta algunas diferencias. Los sombreros de *P. pulmonarius* son mucho más pálidos y grandes que la *ostreatus* y desarrollan más de un tallo. Esta especie prefiere un clima más cálido que la de *P. ostreatus* y su aparición es más tardía en el verano. Su sabor y cultivo, sin embargo, son prácticamente iguales⁹⁴.

- Nombre vulgar: *P. pulmonarius*. Ubicación: América del norte, Europa
- Clasificación taxonómica

⁹⁴ Ibíd.,

- ❖ Reino: fungi
- ❖ División: Basidiomycotina
- ❖ Filo: Homobasidiomycetes
- ❖ Clase: Agaricomycetidae
- ❖ Orden: Tricholomatales
- ❖ Familia: pleurotaceae
- ❖ Género: pleurotus
- ❖ Especia: P. pulmonarius
- ❖ Nombre científico: Pleurotus pulmonarius
- ❖ Nombre común: hongo Orellana

Cuadro 4. Requerimiento físico para el cultivo de hongos *Pleurotus pulmonarius*

Morfología	Día	Temperatura	Humedad	Aireación
crecimiento	1-5	22-26 °C	60%	N/A
Colonización de superficie	4-16	22-26 °C	75%	10 min/12 h
Invasión	16-35	22-24 °C	85%	1 h/8 h
Formación de primordios	35-45	18-22 °C	80%	Permanente 300
Fructificación	Más 45-56	20-24 °C	80%-90%	Permanente 1200 a 1300

Fuente: (Arquímedes, 2007). Curso de producción de hongos comestibles cargo de laboratorio biofungi. Costa Rica

5.2. SUSTRATOS

5.2.1. *Tithonia diversifolia*. Esta especie fue descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas, las hojas en su mayoría de 7.0 a 20 cm de largo y, de 4.0 a 20.0 cm de ancho. Con 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base y la mayoría decurrentes en la base del pecíolo, bordes aserrados pedúnculos fuertes de 5 a 20 cm de largo; 12 a 14 flores amarillo brillantes o anaranjadas de 3.0 a 6.0 cm de longitud. Es nativo de México y América Central pero es casi pantropical en su distribución como especie introducida. Dependiendo del área pudiera ser planta anual o planta perenne, es de tallos con nervaduras leñosas y de flores anaranjadas. En el Estado de Carabobo (Venezuela) la miel producida a partir de estas flores, alcanza un mayor precio, En Colombia, se ha observado un excelente consumo por vacas en ramoneo a 2400 msnm también, se utiliza en salud animal para disminuir los abortos y canibalismo en conejos, también para arrojar la placenta, se suministra a las conejas 2 o 3 días antes del parto y 5 a 8 días después del parto. Los productores dicen que además se mejora la lactancia.⁹⁵ En Buga (Valle), se realizó una evaluación de aceptación de botón de oro con cuatro ovejos de pelo, a los cuales se les suministraron dos dietas con el 50 % y 100 % de la dieta básica a partir de botón de oro picado (partículas de dos a cuatro centímetros) durante cinco días.

Figura 2. Flor Amarilla. *Tithonia diversifolia*.



⁹⁵ RÍOS KSATRO. C.I. 2009. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico

5.2.2. Anthurium formosum. La especie se encuentra en Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, en elevaciones de 500 a 1500 m. En Costa Rica y Panamá, la especie se encuentra en el bosque húmedo pre montano y más comúnmente en el bosque lluvioso pre montano y bosque pluvial montano bajo. A menudo es una de las especies más comunes en elevaciones medias, donde se encuentra generalmente a lo largo de los bancos de carretera sombra ya veces forma grandes rodales. *Anthurium formosum* es variable tanto en el tamaño de las hojas e inflorescencias y en el color de la espata y espádice, ambos de los cuales varían desde el blanco a púrpura-violeta en la antesis. Durante el verano el anthurium vegeta muy bien a temperaturas de 23-25°C, circundado por un entorno húmedo, mientras en invierno las temperaturas no tienen que bajar de los 15°C. Atención a los rebotes de temperatura que no son muy agradecidos.

El anturio también se conoce como "flor de flamenco" y "flor niño." Es una planta tropical originaria de las selvas del Nuevo Mundo en Ecuador y Colombia. El anturio se ha extendido comercialmente hasta Hawaii como un cultivo lucrativo para los productores de flores.

Figura 3. Anturio Anthurium formosum.



Fuente. Anthurium,[en línea][consultado septiembre de 2013]disponible en internet Google (2009)

5.2.1. Aserrín de madera (roble). Es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero informalmente se le conoce de la misma manera como "colochos" por la forma ondulada que tienen. A este material, que en principio es un residuo o desecho de las labores de corte de la madera, se le han buscado destinos diferentes con el paso del tiempo.

El roble común es árbol robusto que en espesura crece con tronco derecho y limpio sin ramificarse hasta los 15m. Cuando se halla aislado su copa se hace ancha irregular con ramas tortuosas, nudosas y acodadas que proporcionan escasa sombra.

Las hojas son simples alternas, caducas, con limbo de 5a 12cm. de largo de 4 a 8 cm. de ancho de 3 a 5 lóbulos redondeados a cada lado del nervio principal, más ensanchado en el tercio superior, acorazonadas u oval-oblongas, totalmente lampiñas en las dos caras, con el haz más verde que envés, de consistencia coriácea y con peciolo cortísimo (2 a 7 mm). Una característica muy típica de esta especie es que la base del limbo termina en dos orejitas. En la industria del licor el roble es utilizado como material para el envejecimiento de los vinos, ya que por su gran resistencia tiene la capacidad de añejarlo.

Figura 4. Aserrín de madera (roble).



5.2.2. Musa spp. Los dos géneros más comunes de la familia Musaceae, incluye bananos y plátanos. Hay alrededor de 70 especies de Musa con una amplia variedad de usos. A pesar de que crecen tan altos como plantas árboles, banano y plátano no son leñosos y su aparente "madre" es la base de los enormes tallos de las hojas. Por lo tanto son técnicamente hierba gigantesca. Especies de Musa se utilizan como plantas de alimento por las larvas de algunas especies de lepidópteros incluyendo polilla gigante del leopardo y otras especies Hypercompe incluyendo *H. albescens*, *H.* y *H. eridanus icasia*. En México y otros países, durante el manejo la cosecha, una fracción de los racimos de plátano se desprende y se pierde, generando problemas ambientales. Algunas alternativas para reducir esos desechos son la producción de harinas de plátano verde; pues, representan una fuente alternativa para la obtención de almidón, que actualmente se obtiene de maíz y papa.⁹⁶

Figura 5. Musa spp.



⁹⁶ JIMENEZ MARTINEZ E. 2012. Elaboración de harina de 3 variedades de plátano verde (musa spp) y su uso como materia prima para la planificación.

5.2.3. Pueraria ssp. Es un género de 15-20 especies de plantas nativas de Asia. Flor Pueraria se utiliza en la medicina tradicional china para reducir las reacciones a consumo de alcohol, y está pasando por un estudio científico para ese uso. A partir de sus raíces, desecadas y molidas, se obtiene un polvo blanco conocido en Japón como Kudzu, del que se dice tiene importantes virtudes nutricionales, como reequilibrador de la flora intestinal, siendo habitual su consumo en combinación con Umeboshi. Ello es debido a que contiene isoflavonas útiles, destacando en un 60% de dichas isoflavonas la puerarina. Constituye una de las plantas invasoras más activas, cubriendo rápidamente la vegetación existente y matándola al impedirle la absorción de la luz solar en el proceso de la fotosíntesis.

Figura 6. Pueraria ssp



El proceso de socialización del proyecto incluyó una reunión informativa con miembros representantes de la comunidad, donde se hizo una descripción del proyecto, se expusieron los objetivos propuestos utilizando ayudas didácticas tales como: afiches, fotografías y muestras. Además, se estableció los parámetros de selección para conformar el equipo pionero, con el cual se planeó ejecutar los primeros ensayos de producción de hongos comestibles *Pleurotus spp.*, antes de hacerlo extensivo a la comunidad en general.

Talleres de capacitación. Por medio de talleres fue capacitado el grupo de trabajo en el manejo técnico y la producción de los hongos comestibles y medicinales, particularmente *Pleurotus spp.* En estos talleres, de manera previa, también se concertó el plan de manejo a realizar, y se dio oportunidad a los capacitando de expresar sus inquietudes, aspiraciones y propuestas.

La capacitación del equipo tuvo una duración de 60 horas que fueron empleadas a medida que se iba desarrollando el proyecto; se compartió información que facilitó comprender la importancia nutricional que poseen los *Pleurotus* y se les enseñó las bases fisiológicas, biológicas, la manera de cultivar el hongo.

Días de campo. Para una mejor comprensión de los procesos de producción, se incluyeron 2 días de campo 26 y 27 de abril de 2013, donde se visitó las instalaciones de la Universidad del Pacífico acompañados por el profesor Harold Bonilla, esto con el fin que la comunidad con procesos demostrativos de producción de la cepa e inoculación del sustrato, entendiera, aplicando la metodología de aprender haciendo.

Recorrido en la zona. Se hizo un recorrido por todo el entorno territorial de la comunidad, en conjunto con el equipo de trabajo conformado por 10 personas (2 madres comunitarias, 1 padre cabeza de hogar, 1 líder comunitario, 3 estudiantes de la universidad del pacifico, 3 madres cabeza de hogar), con el fin de identificar el área donde se estableció la instalación (casa madre comunitaria) para la producción de *Pleurotus spp.* Así mismo se identificó las zonas (borde del río dagua, área del aeropuerto, carretera viaja en zacaria) donde existen los materiales apropiados para la construcción de las instalaciones de la caseta donde se produjo los hongos comestibles *Pleurotus spp.*

Figura 8. Recorrido en zona de zacaria.



Construcción de la instalación en la comunidad. La caseta se construyó en gran medida con material de la zona en un área de 20 m². Esta consta de varios compartimentos siguiendo las recomendaciones de Gaitán *et al.*, (2002), pero se obviaron los espacios de laboratorio y túnel de pasteurización, ya que la estructura sólo sirve para el almacenamiento y la pasteurización de los substratos, así como para la inoculación, incubación y la fructificación del hongo. La caseta tiene muchas similitudes con un invernadero y es lo suficientemente destapada en la parte lateral superior, debidamente techada, con el fin de garantizar una buena aireación.

Figura 9. Construcción de las instalaciones.



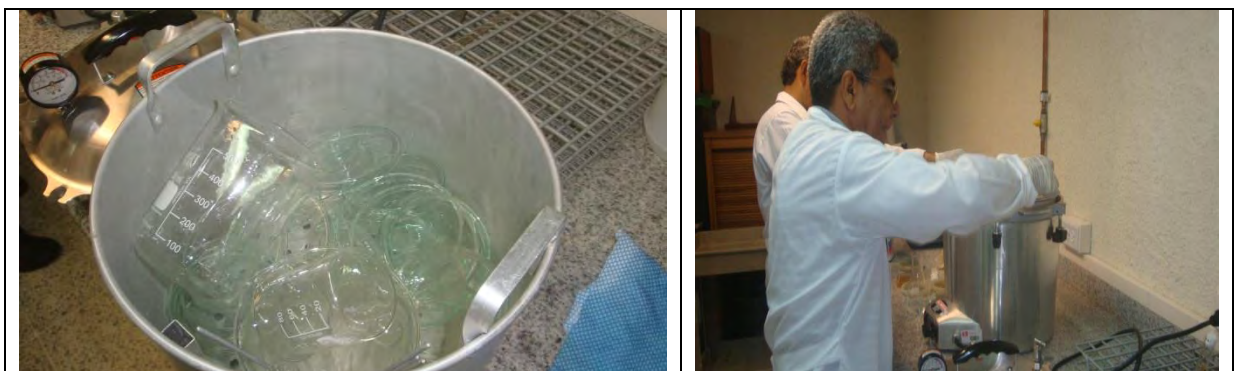
- **Cultivo del hongo comestible *Pleurotus* spp.** Para la producción de los hongos se aplicó la metodología desarrollada en la Universidad del Pacífico⁹⁸, la cual comprende dos fases: una de laboratorio y otra de campo.

- **Fase de laboratorio.** Esta fase es una de las más críticas en el proceso productivo, considerando que se está trabajando con un microorganismo (hongo). Aunque parece una actividad sofisticada, realmente es muy sencilla, si se toman precauciones fáciles de seguir por parte de cualquier persona. La fase de laboratorio, en el presente proyecto, comprende las siguientes actividades:

Adecuación del laboratorio. Resulta necesario contar con un laboratorio debidamente equipado, con equipos necesarios para el aislamiento y multiplicación de cultivos puros de hongos, que garantice las condiciones mínimas de limpieza durante la manipulación de las diferentes cepas del hongo utilizadas en el presente proyecto.

Para el ingreso al laboratorio fue necesario hacer limpieza de los zapatos con solución de H₂O₂ al 5%, lavado de las manos con alcohol al 30%, uso de guantes y tapabocas. Para la limpieza del laboratorio se utilizó peróxido de hidrogeno al 3%. Se esterizaron por 1 hora a 20 PIS en la autoclave: Erlenmeyer, tubos de ensayo, cajas petri, probetas, pinzas.

Figura 10. Esterilización de los materiales. Laboratorio Micropropagación



⁹⁸ BONILLA et.al. Validación de la tecnología para la producción del hongo comestible y medicinal *Pleurotus ostreatus* en la comunidad negra de la vereda Zacarías corregimiento #8 del municipio de Buenaventura – Valle del Cauca, Colombia. Tesis de grado. Universidad del Pacífico. 2006, 70p.

Multiplicación de cepas y obtención de semilla. La semilla con sorgo de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* se produjo en el laboratorio de micropropagación de la Universidad Autónoma de Occidente previamente adecuado y acondicionados para tal efecto. Para la propagación y multiplicación del hongo se tomaron una caja de Petri del banco de cepas de *P.ostreatus* y *P.pulmonarius*., que dispuso la Universidad de Autónoma de Occidente, donadas por Cenicafé y se multiplico en medios de cultivo PDA.

Figura 11. Multiplicación de la semilla. Laboratorio de Micropropagación.



Para proceder a elaborar la semilla o inóculo, se realizó el siguiente procedimiento: se remojo el sorgo durante 8 hr en agua destilada, después se empacaron 300 g por cada bolsa de polipropileno. Las bolsas se sellaron y se esterilizaron en autoclave durante 1 hr a 15 psi, luego se dejaron en reposo por 1 día bajo luz ultravioleta para evitar una posible contaminación externa del sustrato contenido en las bolsas. Posteriormente, se inculo con una porción de micelio extraída de las caja Petri colonizada por los hongos *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* que puede ser la cuarta parte de una caja Petri para una bolsa de

300 g de sorgo esterilizada. Finalmente, las 40 bolsas se llevaron al sitio de incubación, una caja de 80x70 cm construida en madera y se retiraron cuando estaban totalmente colonizadas, estado que se alcanzó en un tiempo aproximado de 3 semanas. Posteriormente las 40 bolsas fueron empacada cuidadosamente y trasladadas a la ciudad de Buenaventura para su utilización, para la conservación de la semilla fue necesario fabricar una nevera artesanal para mantenerlas en frío.

Figura 12. Nevera para conservar la semilla (sorgo).



- **Fase de campo.** La etapa de campo duro 8 días, se llevó a cabo con participación comunitaria, encargados de la parte de recolección, picado y la deshidratación del material vegetal, aprovechando las condiciones ambientales óptimas para la producción de los hongos *Pleurotus* (90-95% humedad relativa y 28-30 °C de temperatura).

Obtención del sustrato. El aserrín de madera (roble) se obtuvo del aserradero que estaba más cercano a la comunidad que está ubicado en la entrada principal de la carretera vieja. Los materiales hoja de plátano (*Musa* spp.), anturio (*anthurium formosu*) botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*) que fueron utilizadas para enriquecer el sustratos (aserrín de madera), se obtuvo en la zona, para lo cual se empleó la mano de obra de las personas de la comunidad involucradas en el proyecto.

Preparación de los sustratos. El sustrato se preparó en campo bajo la siguiente relación volumétrica de materiales, estimada con una vasija estándar: 3 partes de aserrín de madera, 1,5 partes de hojas de plátano secas, 1,5 ramas (limbo, peciolo) de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y 1 parte de follaje de Kudzú (*Pueraria sp*) y se picaron. El aserrín de madera se mezcló, se remojan por 24 horas y luego se escurrió antes de adicionar el otro material vegetal (flor amarilla, kudzú y plátano). Al final de homogenizar bien la mezcla el sustrato quedo con aproximadamente un 70% de humedad la cual se establece mediante la prueba de puño.

Figura 13. Mezcla de sustrato. Fuente



Posteriormente, se empacaron 180 bolsas con el sustrato mezclado, en bolsas de polipropileno (500 g/bolsa), y en empaques de fique de mayor tamaño. El sustrato se selló utilizando cuerda resistente al calor y se pasteurizó en un tanque corriente con agua hirviendo, a una temperatura entre 90 y 100 °C, por espacio de dos (2) horas, sobre un fogón de leña construido por la comunidad.

Figura 14. Sustrato empacado, para pasteurizar.



Figura 15. Pasturización del sustrato. Fuente.



Inoculación del sustrato. La siembra o inoculación del sustrato, se hizo en el espacio preparado para tal fin, en la caseta construida en la comunidad. Este proceso se realizó adicionando 40 g de semilla de *P. ostratus* y *P. pulmonarius* suministrada por la Universidad Autónoma de Occidente, donadas por Cenicafé, se inocularon 30 bolsas por tratamiento, para cada uno de los hongos, todas las

bolsas contenía 500 g de sustrato previamente pasteurizado, luego se dejó incubar o colonizar, hasta obtener una invasión completa del hongo en el sustrato.

Figura 16. Inoculación de sustrato.



Observación y seguimiento. Una vez establecido el ensayo se hizo un monitoreo permanente en la caseta construida, durante el cual se llevó un registro de las siguientes observaciones: el tiempo de colonización del sustrato por el hongo esto ocurrió en un tiempo aproximado de 25 días, estado físico de los sustratos blanco bolsas completamente colonizadas por el hongo, posibles contaminantes en el sustrato algunas bolsas presentaron pequeñas invasiones verdosas pero el hongo fue dominante en esta etapa del proceso, tiempo de fructificación del hongo en la bolsa se llevaron entre 3 y 4 días en salir los cuerpos fructíferos; además, se llevó un registro de humedad relativa la cual oscilaba entre 90 y 95 % y la temperatura entre 28 y 30 °C, con la ayuda del higrómetro y el termómetro respectivamente, se regaron las paredes del cuarto, techo y piso cuando se requieran modificar, aumentar la humedad relativa y bajar la temperatura.

Figura 17. Observaciones y seguimiento.



Cosecha. Se realizó de forma manual, con ayuda de una cuchilla de hoja estéril; además, se llevó un registro de fecha, peso producido por bolsa, tamaño de píleo y estípite.

Figura 18. Cosecha de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*.



7. ANALISIS ESTADISTICO

Para la realización de este trabajo se implementó el modelo experimental de Análisis de varianza del cual los datos obtenidos se analizarán en el programa estadístico MINITAB 16, para aquellas variables que difieran estadísticamente se realizará la prueba de comparación de medias de Duncan.

Este capítulo se dedica a describir el proceso explicado en el capítulo 5 la cuales se muestra la forma como se produjo el hongo *Pleurotus spp* y características del experimento, como también el planteamiento de los modelos con los cuales se dará cumplimiento a los objetivos planteados.

7.1. EL EXPERIMENTO.

Para el desarrollo del experimento se tuvieron en cuenta las consideraciones como la ubicación y características climáticas del sitio donde se ejecutó el experimento, el material experimental utilizado, los factores, niveles y tratamientos, así como también las variables de interés, el tamaño del experimento, la descripción de pruebas preliminares y de la ejecución del experimento.

Primer experimento: Hongo *Pulmonarius*

Factores, Niveles y Tratamientos Asociados al Experimento

FACTOR: Sustratos

AS= aserrín de madera

VEG= flor amarilla, kudzu, hojas de plátano

ANT= anturio

NIVELES: Los niveles del factor son:

1. ASE+VEG (REFERENTE)
2. AS+ANT
3. ASE+VEG+ANT

TRATAMIENTOS: Son los mismos niveles de los factor sustratos
Por lo tanto hay 3 tratamientos.

7.1.1. Definición de Variables y sus Métodos Analíticos. Las variables son las características medibles de la unidad de estudio y estas se clasifican de acuerdo al método de análisis de datos que se va a utilizar en la investigación.

La clasificación y el número de variables dependen de los objetivos del estudio. Las variables estudiadas son:

- Peso (g.)
- Eficiencia biológica
- Longitud del estípite
- Diámetro del píleo

7.1.1.1. Segundo experimento: Hongo *P. ostreatus*. Para este segundo experimento, se sigue la misma metodología, solo cambia el tipo de hongo (*Pleurotus ostreatus*).

7.2. TAMAÑO DEL EXPERIMENTO

Con el fin de hallar el número de observaciones necesarias para llevar a cabo el experimento y obtener conclusiones con una confiabilidad y un error de muestreo, se realizó una prueba piloto para obtener la variabilidad de la variable respuesta en esta investigación.

En la prueba piloto se realizaron tres observaciones del experimento y se obtuvieron los siguientes resultados para la variable eficiencia biológica:

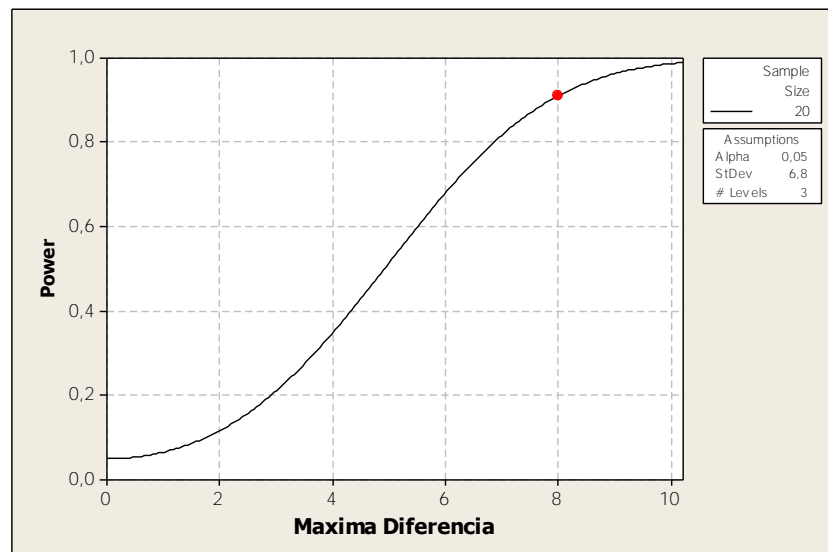
Cuadro 5. Tamaño del experimento variable eficiencia biológica

	SUSTRATOS		
	ASE+VEG (REFERENTE)	AS+ANT	ASE+VEG+ANT
	240	164,7	256
	236	159,3	262,7
	226,7	170,7	260
Media	234,2	164,9	259,6
Desviación e.	6,8	5,7	3,4

Se realizó un análisis de sensibilidad, que consiste en ensayar valores tentativos de tamaños de muestra para cada valor; se calculó el parámetro de no centralidad de la Distribución F (Distribución de probabilidad a la cual se ajusta el estimador del efecto, cuando la hipótesis nula es cierta).⁹⁹

Tomar veinte observaciones por tratamiento, tiene una potencia de 0,911 para detectar una diferencia de 8 unidades o más entre las medias de tratamientos a un nivel de significancia del 0,05 (figura 18).

Figura 19. Gráfico Poder de la prueba.



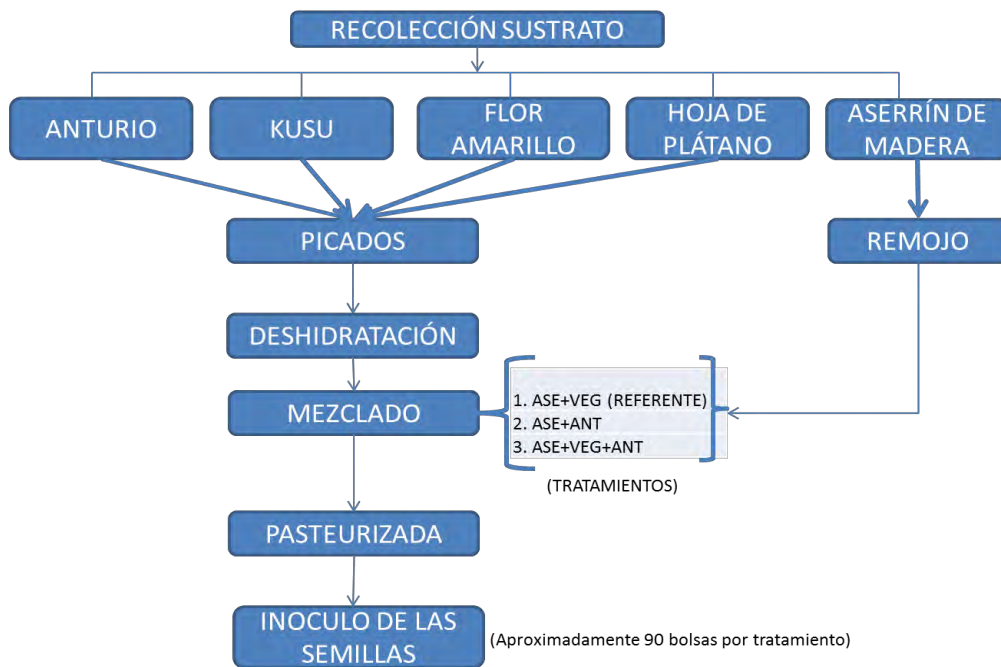
7.2.1. Proceso de aleatorización. Los tres tratamientos fueron asignación aleatoriamente a las unidades experimentales.

7.3. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

Para el desarrollo del experimento, se realizaron los siguientes pasos (Figura 20 Diagrama del experimento):

⁹⁹ MONTGOMERY d. Diseño y Análisis de Experimentos. 1991.

Figura 20. Diagrama de experimento



7.4. SOFTWARE UTILIZADO

La base de datos se digitó en la hoja electrónica Excel versión 2010.

Para el efecto del procesamiento de los resultados obtenidos en la presente investigación, se siguieron los siguientes pasos:

- ❖ Elaboración de bases de datos en Excel.
- ❖ Procesamiento en el paquete estadístico MINITAB 16, y los procedimientos que el incluye para modelos como análisis de varianza, pruebas pos-anova y gráficos.

7.5.2. Pruebas de hipótesis. Las pruebas de hipótesis planteadas son:

Ho: No hay diferencias significativas entre los diferentes sustratos

Ha: Existe diferencias significativas en algún par de sustratos

La regla de decisión es:

- Si el estadístico de prueba F, es menor que el valor del F tabulado, entonces no hay suficiente evidencia para rechazar hipótesis nula (Ho), con una confianza (1- α), esto significa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

7.6. VALIDACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL MODELO.

La validación del modelo, consiste en verificar los supuestos del modelo a través de un análisis de residuos. Los residuos se calculan como el valor observado menos el valor estimado por el modelo, su ecuación es: $e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$

Los supuestos son:

- ❖ El error tiene esperanza nula, es decir: $E[e_i] = 0$ para todo i.
- ❖ La varianza es siempre constante y no depende de (X_i), lo expresamos
 - Diciendo que el error es Homocedástica: $\text{Var}[e_i] = \sigma^2 \forall_i$
- ❖ Los errores son independientes entre sí, es decir:
 - $\text{Cov}[e_i, e_{i'}] = 0 \quad \forall \quad i \neq i'$
- ❖ Si se desea realizar estimaciones o pruebas por intervalos, se debe suponer que el error tiene una distribución normal. Esta hipótesis es consecuencia del teorema central del límite, si la muestra es lo suficientemente grande puede asumirse como verdadera.

7.7. VALIDACIÓN DE LOS SUPUESTOS SOBRE EL ERROR DEL MODELO PRIMERO Y SEGUNDO EXPERIMENTO

- ❖ El error tiene esperanza nula, es decir: $E[e_i] = 0$ para todo y. Este supuesto se verifica realizando la sumatoria de los residuos, para la variable respuesta está fue efectivamente cero, tanto para el primero como para el segundo experimento.

- ❖ Para validar el supuesto de que los errores tienen varianza común, (homogeneidad) es conveniente validar las hipótesis respectivas para cada una de las variables por medio de una prueba formal como el test de Levene, donde se halló que efectivamente los errores cumplen con estos supuestos a niveles de significancia mayores a 0,06.

Cuadro 6. Validación de supuestos, para *P.pulmonarius* y *P.ostreatus*

Hongo <i>P.pulmonarius</i>	PESO (g)	EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	LONGITUD ESTÍPITE(cm)	DIÁMETRO PILEO (cm)
NORMALIDAD (76Kolmogorov S.)	KS=0,988 p-valor=0,10	KS=0.995 p-valor=0,10	KS=0,174 p-valor=0,10	KS=0,217 p-valor=0,10
HOMOGENIDAD (Levene's Test)	Estadístico de prueba=1,68 p-valor=0,193	Estadístico de prueba=5,22 p-valor=0,08	Estadístico de prueba=5,22 p-valor=0,08	Estadístico de prueba=1,10 p-valor=0,338
Hongo <i>P.ostreatus</i>				
NORMALIDAD (76Kolmogorov S.)	KS=0.085 p-valor=0,103	KS=0.085 p-valor=0,103	KS=0,243 p-valor=0,10	KS=0,170 p-valor=0,10
HOMOGENIDAD (Levene's Test)	Estadístico de prueba=5.85 p-valor=0,06	Estadístico de prueba=5,85 p-valor=0,06	Estadístico de prueba=371 p-valor=0,07	Estadístico de prueba=5.01 p-valor=0,09

- ❖ Para validar el cuarto supuesto sobre la Normalidad de los Errores, se empleó la Prueba de Kolmogorv S. (KS) Mediante la cual con valores cercanos a cero, con llevan a rechazar la hipótesis nula, según la cual los errores tienen distribución normal.

Valores pequeños de KS, indican que no hay normalidad. Para $KS > Prob$: Se acepta la hipótesis nula: Los errores tienen distribución normal.

Para $KS < prob$: Se rechaza la hipótesis nula.

Se halló que a niveles de significancia mayores a 0,08, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, esto es, los errores provienen de una población que se distribuye normal.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se empleó la metodología propuesta en el capítulo 5. Inicialmente se hará un análisis descriptivo de la prueba piloto, para después realizar el análisis de los experimentos individuales.

8.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO HONGO *Pleurotus pulmonarius*

Como primera medida, se analizan los resultados obtenidos para los variables peso, eficiencia biológica, longitud y diámetro con el fin de obtener una visión preliminar de la información.

El hongo se cultivó y fructificó a temperatura entre 25-28 °C y humedad relativa (HR) 74-87%. La temperatura registrada en esta investigación se aproxima a la observada por Gaitán y Salmenes (1996), la cual corresponde al rango de 28-32 °C pero difiere en la HR descrita por Bonilla y otros (2006), los cuales reportan para la producción de *Pleurotus ostreatus* valores por el orden de 60-70%. Por su parte, France y Cañumir (2003), indican que la humedad relativa debe ser superior al 80%. Sin embargo,¹⁰⁰ sostienen que valores superiores al 80% de HR afectan la producción de *Pleurotus* spp.

La incubación tardó 23 días. Las bolsas fueron colonizadas en un 100% por el hongo. Tiempos iguales han sido reportados por Bonilla y otros (2006), al igual que¹⁰¹ quienes emplearon residuos orgánicos ricos en lignina y celulosa. Así mismo Fernández y otros (2003) registraron un tiempo de 25 días para la colonización total de *Pleurotus* spp. En sustratos diferentes; al igual¹⁰² indican que *P. ostreatus* incuba sobre la pulpa de café en 30 días.

La producción de la seta solo se fructificó por espacio de 22 días durante los cuales se hicieron dos oleadas, ya que de acuerdo con¹⁰³, son las de mayor importancia en cuanto al rendimiento y fue tomada en cuenta esta valoración, debido a la visión empresarial que muestra la comunidad. No obstante, los pasteles de sustrato debidamente colonizados pueden dar hasta cuatro

¹⁰⁰ RODRÍGUEZ Y ZULUAGA (1994)

¹⁰¹ LOZANO. Producción comercial del champiñón (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café. Fitopatología colombiana. Cali, Colombia 1990. Vol. 14 N° 2 p 42-46

¹⁰² RODRÍGUEZ Y GÓMEZ .OP.CIT,P.287

¹⁰³ GAITÁN Y OTROS (2002)OP.CIT,P.36

oleadas¹⁰⁴; en especies de *Pleurotus*; aunque la tercera y cuarta cosecha son pocos significativas.

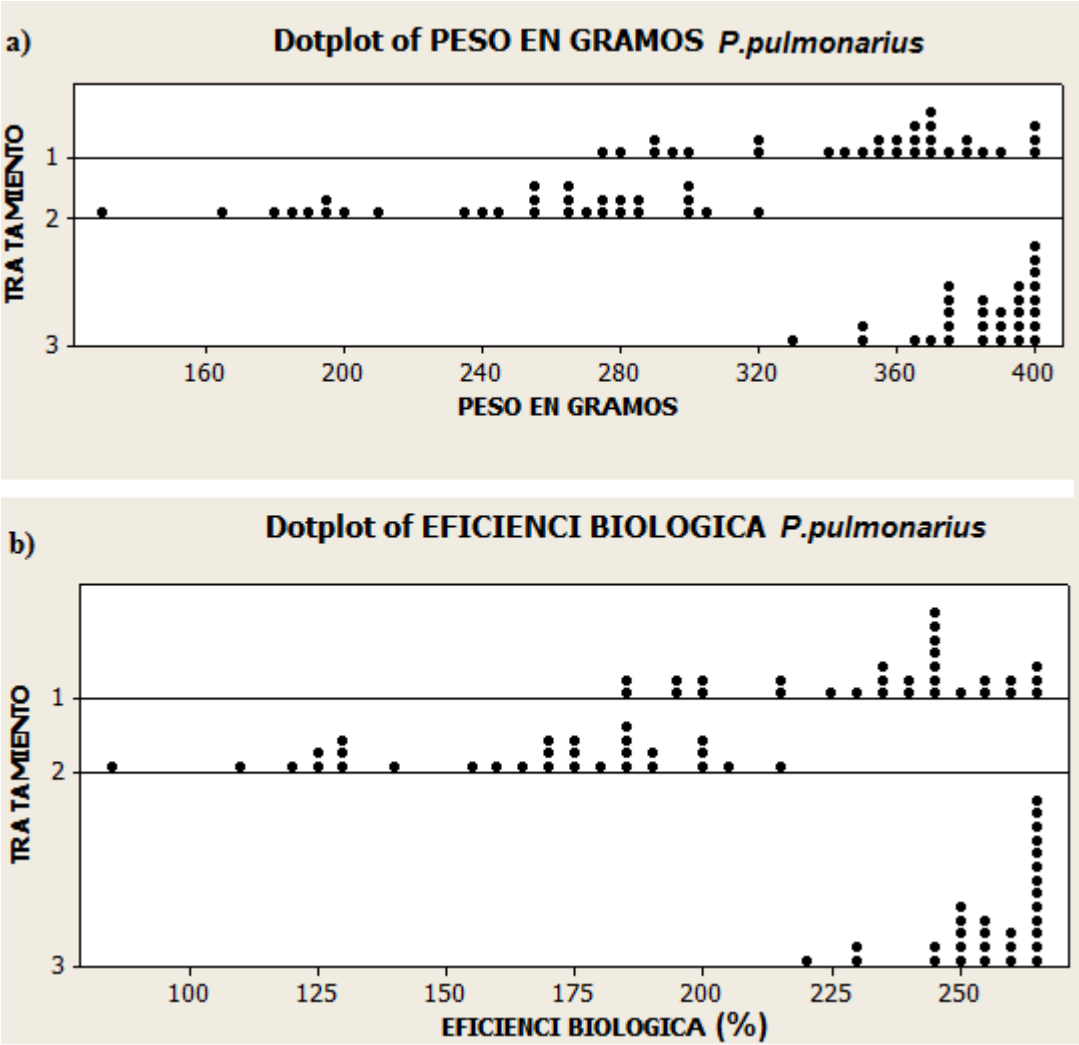
La eficiencia biológica (EB), en base húmeda que se obtuvo en esta investigación fue alta comparada con la obtenida por otros investigadores¹⁰⁵. Lo cual demuestra que los sustratos (ASE+VEG+ANT), son aptos para la producción del hongo *pleurotus spp*, en sus distintas mezclas; ya que los valores de la Eb (figura 19b) observados son mayores a 225%, lo cual se puede considerar muy bueno. El comportamiento de la EB está acorde con la variable peso, debido a que la eficiencia depende del peso (figura 19a). Las altas eficiencias están asociadas principalmente por el tipo de sustrato utilizado, encontrándose que aumenta cuando los sustratos son enriquecidos con nutrientes que pueden ser de origen natural o sintético (Bonilla y otros, 2006).

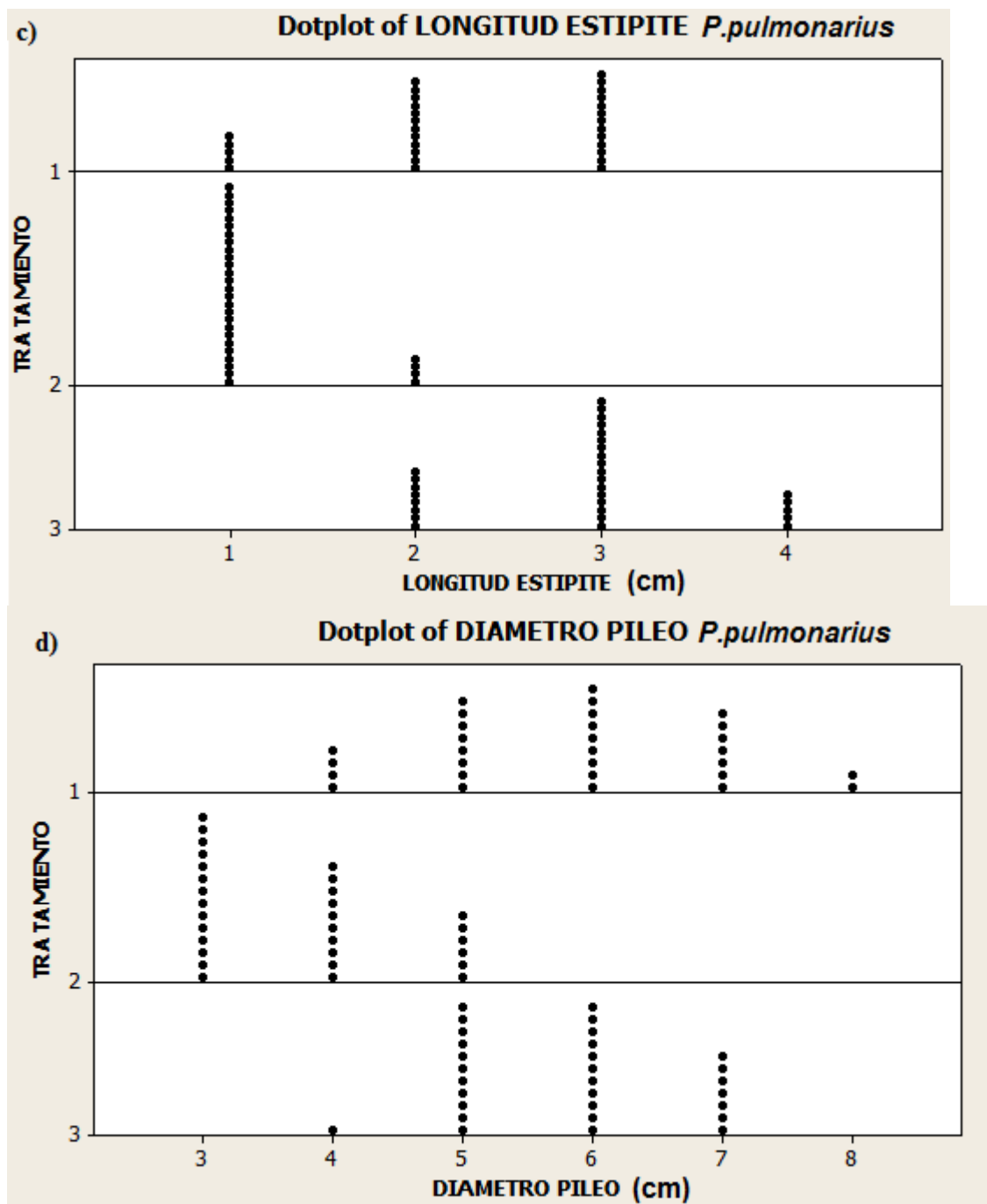
La longitud y el diámetro píleo para esta investigación igual que ocurrió con el peso y la longitud los tratamiento 1(ASE+VEG (REFERENTE),) y 3 (ASE+VEG+ANT) presentaron los valores más altos (figura 19 c, d), con longitudes de 3 o más y diámetros de superiores a 6. Situación que difiere a la registrada en un tratamiento similar efectuado por Bonilla y otros (2006) quienes obtuvieron valores promedios de píleo por el orden de los 4,2 y estípite de 2,1. Según Cardona y Bedoya (1996) bajo condiciones de humedad relativa de 82% a 86% y temperatura del sustrato de 27,7 a 30 °C, ***Pleurotus spp***. presenta regularmente un píleo de 4 a 13 cm de diámetro y un estípite de 2 a 3 cm de longitud.

¹⁰⁴ LOZANO, 1990)OP.CIT,P 64

¹⁰⁵ MORALES P., 2011. Análisis de varianza para varias muestras independientes. Universidad pontificia camillas, Madrid. P. 37.

Figura 21. Gráficos de puntos de las variables de respuesta según tratamientos para el hongo *P. pulmonarius*





Para los tres tratamientos, los promedios de las variables de respuesta consideradas (Tabla 7) se evidencia que los tratamientos 1: ASE+VEG (REFERENTE) y 3: ASE+VEG+ANT, tienen un comportamiento similares en cuanto a su promedio pero difieren en cuanto a la variación de los datos, dado que el tratamiento 3 presenta menos dispersión.

Cuadro 7. Estadísticas descriptivas. Hongo *Pleurotus Pulmonarius*

TRATAMIENTO		PESO (g)	Eficiencia biológica (%)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	MEDIA	366,4	244,3	2,5	5,7
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	21,8	14,5	0,5	1,1
2	MEDIA	271,5	181,0	1,2	3,7
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	20,5	13,6	0,4	0,7
3	MEDIA	385,8	257,2	2,9	5,8
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	14,7	9,8	0,7	0,9

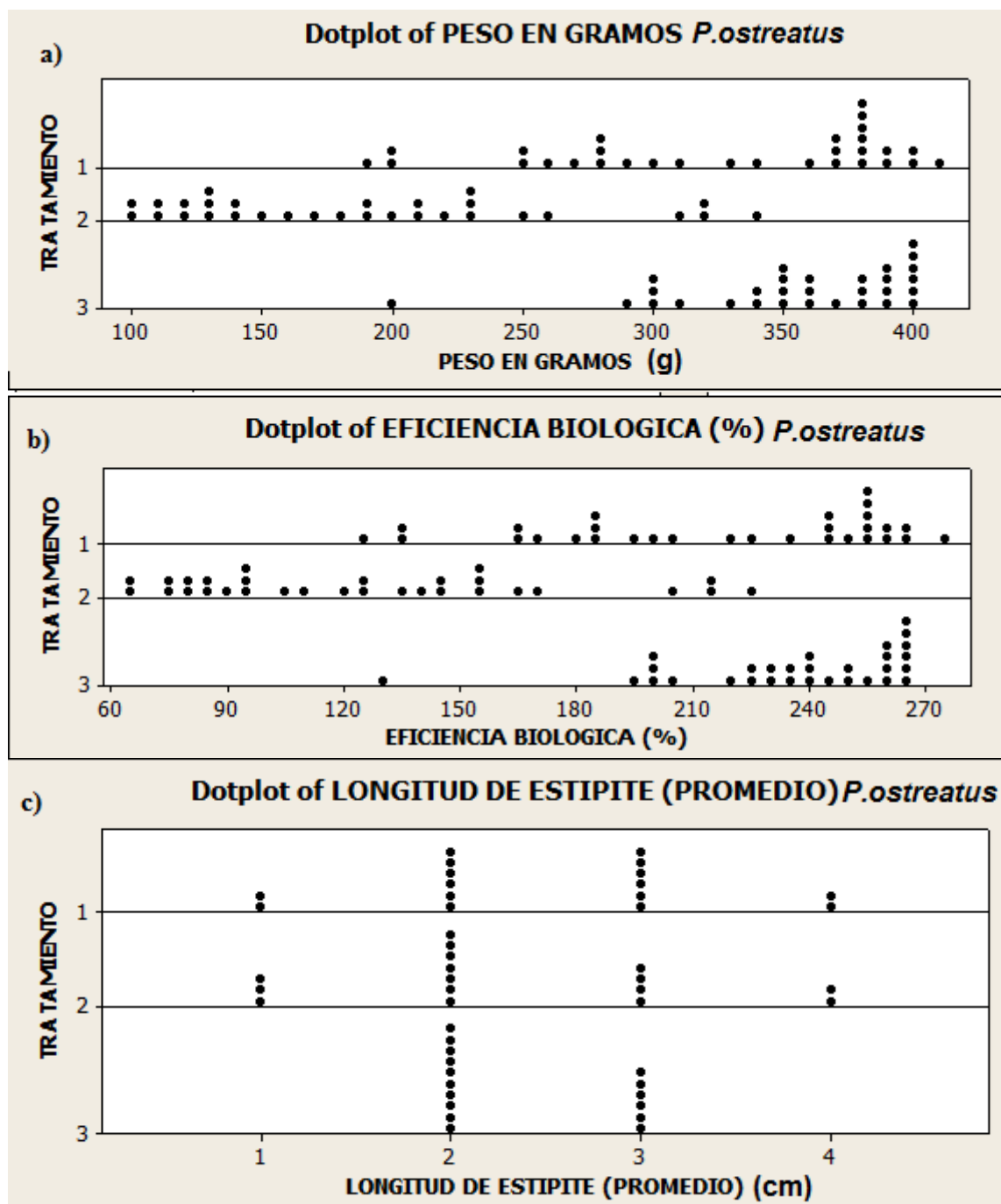
8.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO HONGO *Pleurotus ostreatus*

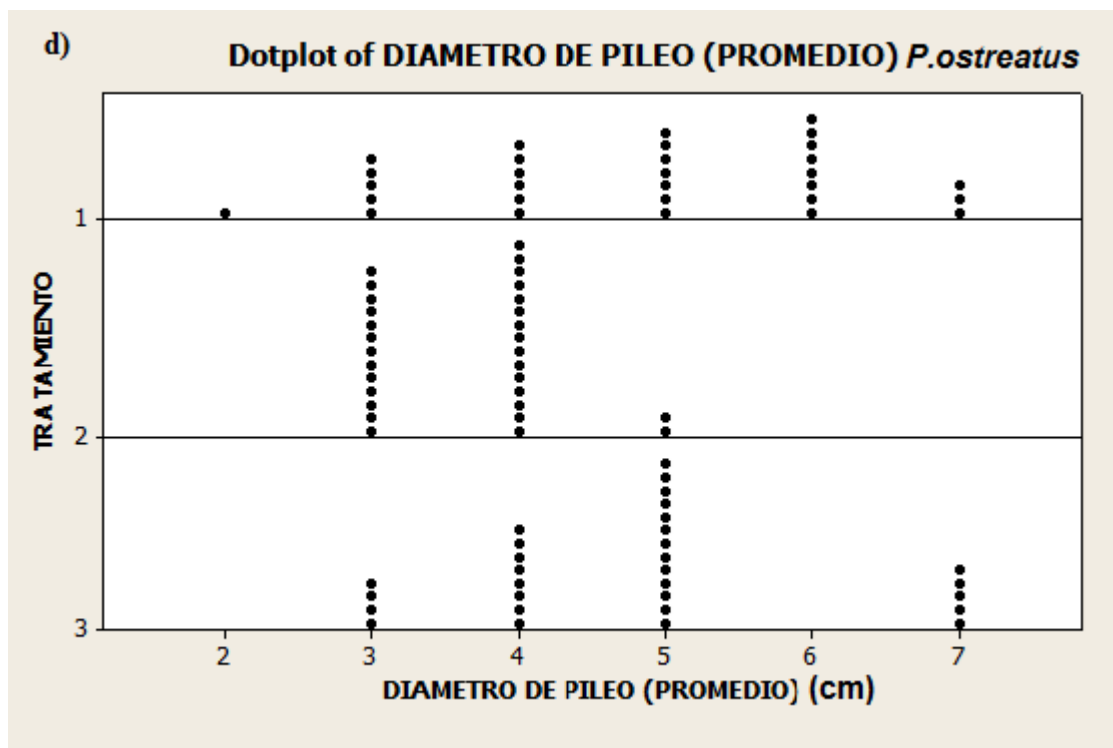
Al igual que el *Pleurotus Pulmonarius* se analizaron los resultados obtenidos para las variables peso, eficiencia biológica, longitud y diámetro. *Pleurotus ostreatus* se cultivó y fructificó a temperatura entre 25-28 °C y humedad relativa (HR) 74-87%. La incubación tardó 25 días. Las bolsas fueron colonizadas en un 100% por el hongo.

La EB del *Pleurotus ostreatus* con respecto al *P. pulmonarius*, tienen un comportamiento similar, en los tratamientos 1(ASE+VEG (REFERENTE) y 3 (ASE+VEG+ANT), siguen demostrando que tiene mayor rendimiento de producción, tanto para las eficiencias como los pesos (figura 20a, b), esto demuestra que *Pleurotus ostreatus* es amigable a estos tratamientos. En cuanto al tratamiento 2(AS+ANT), este es mejor en el hongo *ostreatus* que en el *pulmonarius*.

En cuanto a la longitud estípita se muestra un comportamiento similar para los tratamientos 1(ASE+VEG) (REFERENTE) y 2(AS+ANT) como lo muestra la (figura 20 c), a diferencia del tratamiento 3 (ASE+VEG+ANT) la cual muestra longitudes menores. En el diámetro de píleo (figura 20 d) siguen siendo los mejores los tratamientos 1: ASE+VEG (REFERENTE) y 3: ASE+VEG+ANT estando por encima de 6 cm.

Figura 22. Gráficos de puntos de las variables de respuesta según tratamientos para el hongo *P. ostreatus*.





En el cuadro 8, se evidencia que el tratamiento 3: ASE+VEG+ANT, presenta la variación más pequeña (tabla 8), y los promedios más altos.

Cuadro 8. Estadística descriptiva. Hongo *Pleurotus ostreatus*

TRATAMIENTO		PESO (g)	Eficiencia biológica (%)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	MEDIA	325,0	216,7	2,5	4,8
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	66,71	44,47	0,86	1,37
2	MEDIA	189,83	126,56	2,30	3,63
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	70,49	46,99	0,88	0,61
3	MEDIA	354,10	236,07	2,37	4,80
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	45,49	30,32	0,49	1,21

8.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS DE MODELOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL

8.3.1. Análisis del Primer Experimento: Hongo *Pleurotus pulmonarius*. Para todas las variables de respuesta bajo el modelo planteado, se obtuvo un mayor aporte de los efectos controlados por el investigador que de los errores (tabla 9), como se evidencia en la suma de cuadrados (SC) y el R^2 .

La hipótesis de efectos principales postula (H_0) que no hay diferencias significativas entre los tres tratamientos. En la (tabla 9), puede observarse que a niveles de significancia de 0,000 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de los tratamientos, por lo tanto concluimos que hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (ASE+VEG (REFERENTE), AS+ANT, ASE+VEG+ANT), para todas las variables consideradas.

Cuadro 9. Análisis de varianza. Hongo *Pleurotus pulmonarius*.

FUENTE	PESO			EFICIENCIA BIOLÓGICA			LONGITUD ESTÍPITE			DIÁMETRO PÍLEO		
	SC	F	P-VALOR	SC	F	P-VALOR	SC	F	P-VALOR	SC	F	P-VALOR
SUSTRATO	166759	234,1	0,000	74115	234,1	0,000	38,96	66,8	0,000	64,42	38,69	0,000
Error	24932			11081			20,41			58,27		
Total	191690			85196			59,37			122,7		
$R^2=86,99\%$			$R^2=86,99\%$			$R^2=65,62\%$			$R^2=52,51\%$			

Debido a que se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos es necesario definir entre cuales los hay, para esto es necesario realizar una prueba post-anova.

9. ANÁLISIS POST-ANOVA: HONGO *PLEUROTUS PULMONARIUS*

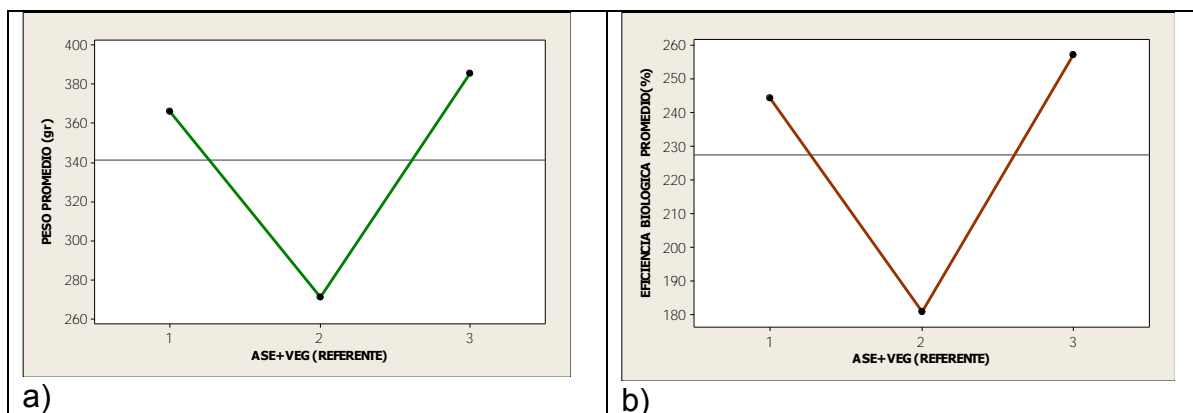
En la prueba de Tukey, la cual compara pares de medias, se determinó que para los variables peso, eficiencia y longitud, el efecto de los tratamientos es diferente (tabla 10), siendo el tratamiento 3, el que presenta mayores valores de peso (385,8 g.), eficiencia (257,2) y longitud (2,9) como inicialmente se evidencio en el análisis descriptivo (figura 21 a, b, c).

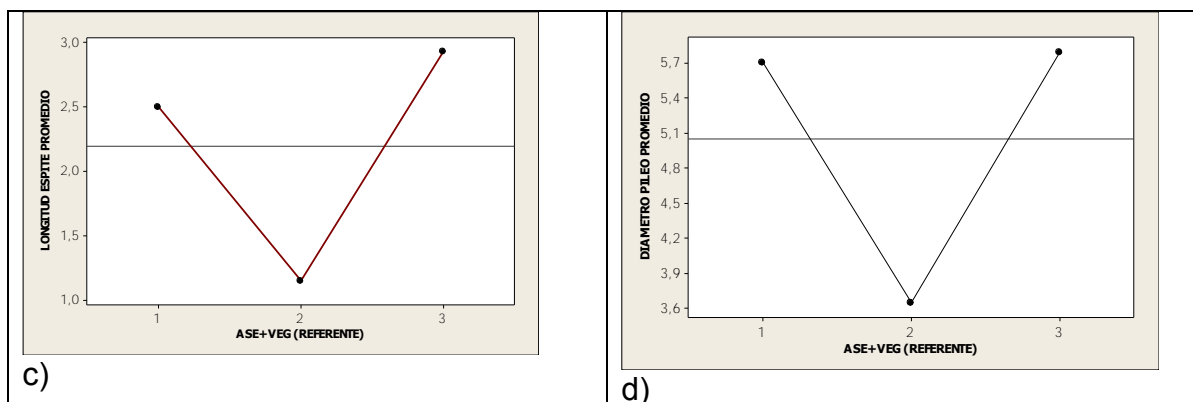
Con respecto a la variable diámetro se encontró que entre los tratamientos 3: ASE+VEG+ANT y 1: ASE+VEG (REFERENTE), no hay diferencias significativas (tabla 10, figura 21d). Teniendo en cuenta que el mayor promedio se obtuvo en el tratamiento 3, y que éste no difiere con el tratamiento 1, es posible utilizar cualquiera de los dos para esta variable de respuesta.

Cuadro 10. Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0.05$)

sustrato	N	PESO		EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)		LONGITUD ESTÍPITE (cm)		DIÁMETRO PÍLEO (cm)	
		MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO
3	29	385,8	A	257,2	A	2,9	A	5,8	A
1	24	366,4	B	244,3	B	2,5	B	5,7	A
2	20	271,5	C	181	C	1,2	C	3,7	B

Figura 23. Prueba post-anova Hongo *Pleurotus pulmonarius*. (Tratamientos: 1: ASE+VEG (REFERENTE), 2: ASE+ANT y 3: ASE+VEG+ANT). Unidad en %





9.1. ANÁLISIS DEL SEGUNDO EXPERIMENTO: HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS*.

Las variables de respuesta peso y eficiencia bajo el modelo planteado, muestran un mayor aporte de los efectos controlados por el investigador que de los errores (tabla 11), como se evidencia en la suma de cuadrados (SC) y R^2 .

La hipótesis de efectos principales postula (H_0) que no hay diferencias significativas entre los tres tratamientos. En la (tabla 11), puede observarse que a niveles de significancia de 0,000 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de los tratamientos, por lo tanto concluimos que hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (ASE+VEG (REFERENTE), AS+ANT, ASE+VEG+ANT) para las variables peso, eficiencia y diámetro.

Con respecto a las variables longitud y diámetro los resultados muestran que el aporte de los sustratos es mucho menor para explicar la variabilidad. En cuanto a la hipótesis de igualdad de medias no se hallaron diferencias significativas a un nivel de significancia 0,872 para la longitud.

Cuadro 11. Análisis de varianza. Hongo *Pleurotus ostreatus*.

FUENTE	PESO			EFICIENCIA BIOLÓGICA			LONGITUD ESTÍPITE			DIÁMETRO PÍLEO		
	SC	F	P- VALOR	SC	F	P- VALOR	SC	F	P- VALOR	SC	F	P- VALOR
SUSTRATO	564357	118.82	0,000	250825	118.82	0,000	0.168	0.14	0.872	27.5	10.88	0,000
Error	189987			84439			48.7			101.1		
Total	754344			335264			48.9			128.6		
	$R^2=74.81\%$			$R^2=74.81\%$			$R^2=0.34\%$			$R^2=21.42\%$		

10. ANÁLISIS POST-ANOVA: HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS*

En la prueba de Tukey, se determinó que para las variables peso y eficiencia el efecto de los tratamientos es diferente (tabla 12), siendo el tratamiento 3 y 1 estadísticamente iguales a un nivel de significancia del 5%, siendo los que presentan los mayores valores de peso (359,5 g.) y eficiencia (239,7%).

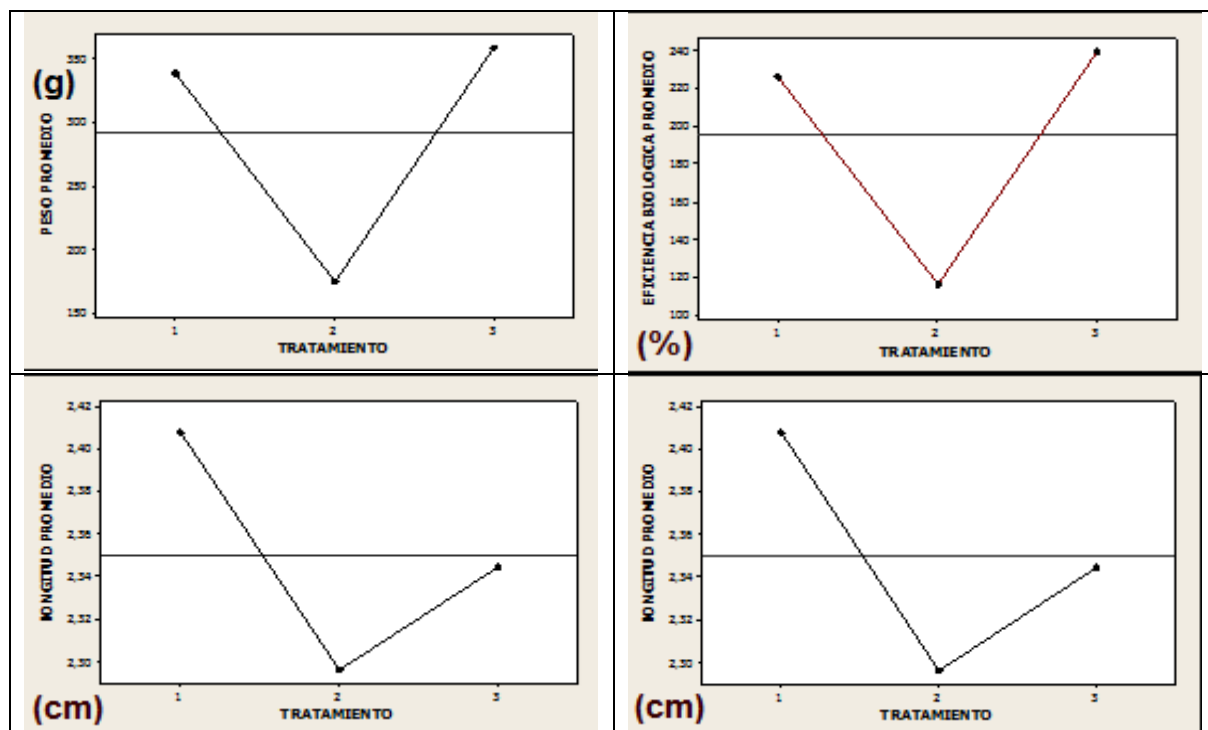
En cuanto a la variable longitud en el anova se halló que no existe diferencias entre los sustratos con promedios de 2,4 - 2,3 y 2,3 cm., respectivamente para los sustratos 1, 2 y 3, es posible utilizar cualquiera de los tres para esta variable de respuesta.

Con respecto a la variable diámetro se encontró que entre los tratamientos 3: ASE+VEG+ANT y 1: ASE+VEG (REFERENTE), no hay diferencias significativas (tabla 12, figura 22). Teniendo en cuenta que el mayor promedio se obtuvo en el tratamiento 1 y 3, y que éstos difieren con el tratamiento 2.

Cuadro 12. Análisis post anova. Prueba de Tukey. ($\alpha=0.05$)

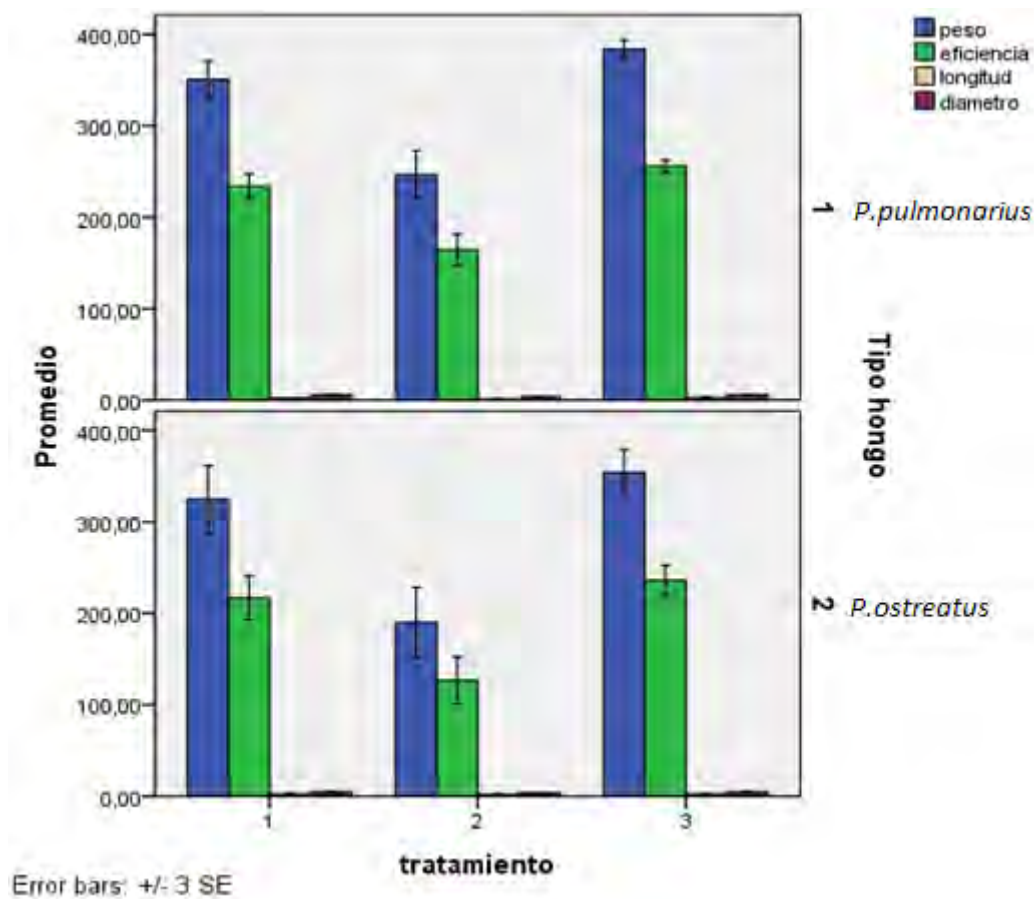
SUSTRATO	N	PESO (g)		EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)		DIÁMETRO PÍLEO(cm)	
		MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO
3: ASE+VEG+ANT	29	359.5	A	239.7	A	4.8	A
1: ASE+VEG	27	339.3	A	226.2	A	4.9	A
2: ASE+ANT	27	174.6	B	116.4	B	3.6	B

Figura 24. Prueba post-Anova Hongo *Pleurotus ostreatus*. (Tratamientos: 1: ASE+VEG (REFERENTE), 2: ASE+ANT y 3: ASE+VEG+ANT). Unidad en %



11. COMPARACIÓN DE LOS HONGOS *P. PULMONARIUS* Y *P. OSTREATUS*

Figura 25. Gráfica de comparación de rendimiento de los hongos



12. CONCLUSIONES

- ❖ Desde el punto de vista científico y tecnológico, se validó una tecnología que permite producir la seta ***Pleurotus ostreatus*** y ***Pleurotus pulmonarius***, en diferentes sustratos orgánicos presentes en cantidades abundantes en la localidad, todos los procesos fueron realizados a condiciones ambientales de la zona rural de Zacarías Río-Dagua Municipio de Buenaventura; caracterizado por una mediana pluviosidad y humedad relativa.
- ❖ *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* por su facilidad del cultivo y por su alto contenido de proteína, puede cultivarse en las comunidades del Pacífico colombiano con el objeto de utilizarse en programas de seguridad alimentaria.
- ❖ En esta investigación se obtuvo una alta EB con el enriquecimiento de los sustratos, botón de oro (*Thitonia diversifolia*), kudzú (*Pueraria*) y hojas de plátano (*Musa*) spp. Todo esto acompañado con el aserrín de madera. son un sustrato ideal para el manejo y producción de *Pleurotus* spp en condiciones de campo abierto, con óptimos resultados.
- ❖ El cultivo de los hongos no debe estar exento de un manejo integrado del cultivo. Por tal razón. Las condiciones higiénicas de los cuartos de cultivo, al igual que el manejo de los residuos es fundamental para evitar la presencia de plagas y enfermedades
- ❖ La capacitación del equipo tuvo una duración de 60 horas; se compartió información que facilitó comprender la importancia nutricional que poseen los *Pleurotus* y se les enseñó las bases fisiológicas, biológicas, la manera de cultivar el hongo. De igual forma la comunidad quedó en capacidad de poder realizar siembra y cultivo de los hongos.
- ❖ El sustrato a base de aserrín utilizado como tratamiento control en el experimento demostró que es fundamental en la adición de la mezcla para aportar los requerimientos nutricionales para el desarrollo del *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*, dado que en dicho sustrato se inhibió el crecimiento del micelio hacia el día 28 de la ejecución del experimento.
- ❖ El sustrato donde se obtuvo mejor desarrollo y crecimiento de las dos clases de hongos comestibles *P. pulmonarius* y *P.ostreatus*, dadas las condiciones ambientales estudiadas, resultó ser el de la mezcla 3: ASE+VEG+ANT.
- ❖ La temperatura y la humedad que predominó en la caseta zacaria fue de un promedio de 79-86% respectivamente, las cuales fueron favorables para

estimular el desarrollo y crecimiento de las dos clases de hongos comestibles, a pesar que se presentaron cambios brusco en el tiempo que se desarrolló la investigación. La zona de Zacarías Río-Dagua con temperaturas promedios entre 25-28 °C y humedad relativa entre 74-87% es un escenario propicio para cultivar y fructificar el hongo ***Pleurotus spp.***

- ❖ El sustrato empleados en el presente proyecto no afectaron el crecimiento y desarrollo de las dos especies de hongos comestibles ensayadas, señalando que es posible aprovechar estos residuos agroindustriales para contribuir tanto en producciones sostenibles que ayuden a mejorar el medio ambiente y la seguridad alimenticia de una región.
- ❖ Con el acompañamiento de la comunidad y utilizando material reciclable se construyó las instalaciones para la reproducción de los hongos comestible.
- ❖ El aserrín de madera, además de servir como sustrato principal, favorece la colonización del micelio del hongo ***P. ostreatus*** y ***P. pulmonarius*** en el periodo de incubación, ya que este sustrato es rico en lignina.
- ❖ Es mejor cultivar los hongos del género *Pleurotus* en mezcla de residuos agroindustriales, ya que estas mejoran las condiciones físicas del sustrato y por ende, los rendimientos del cultivo se favorecen.

13. RECOMENDACIONES

- Para tener un cultivo sano es necesario limpiar y desinfectar los espacios donde se llevará a cabo las actividades del cultivo. De igual forma debe utilizarse material fresco para la elaboración de los sustratos o en su defecto materiales secos y almacenados apropiadamente.
- Durante la recolección es recomendable que los utensilios utilizados sean desinfectados previamente con solución de formol comercial al 5% o límpido comercial a una concentración del 20%.
- Debe utilizarse semilla fresca con máximo 15 días de generada y proveniente de un cultivo puro de un aislamiento de un cuerpo reproductor sano y de excelente calidad.
- Identificar un proveedor confiable para la compra de semilla de buena calidad y certificada de los hongos *P. pulmonarius* y *P. ostreatus* para poder iniciar el cultivo de manera adecuada.
- Elaborar estudios a mayor escala que permita evidenciar las ventajas de aprovechar estos residuos agroindustriales y la disminución del impacto ambiental que estos generen al ser depositados inadecuadamente en diferentes zonas.
- Estandarizar el proceso de producción de estas setas comestibles en la región y consolidar núcleos de capacitación para difundir este tipo de alternativas de producción agroindustrial en diferentes comunidades aledañas a la zona de estudio, para contribuir a la generación de fuentes de ingresos y empleo.
- Aplicar un diseño estadístico apropiado para mostrar la eficiencia de la producción de medio de los hongos *P.pulmonarius* y *P.ostreatus* fundamental para llevar a cabo de trazabilidad de la producción en gran escala.
- Para evitar problemas de contaminación por bacterias u hongos en nuestra semilla, se debe controlar el contenido de humedad del grano, tomar en cuenta que la temperatura y el tiempo de esterilización sean los indicados, y cuidar la asepsia y limpieza de los utensilios empleados en la incubación.
- El personal que labore el cultivo debe ser cuidadoso con las normas de higiene para evitar llevar la contaminación al mismo. Para ello se recomienda tener a la entrada de las áreas de incubación y fructificación recipientes con formol comercial al 5% (50 mL de formol por cada 950 mL de agua), para sumergir el

calzado con el que se ingrese a esta zonas. De igual forma, se deben mantener una bata limpia, con el que no se debe salir del cuarto de cultivo.

- Los pasteles contaminados por otros hongos competidores, se deben aislar del cultivo. Una vez establecidos en un bloque, las esporas rápidamente invaden a los bloques sanos. Por consiguiente, su temprana identificación y aislamiento es esencial.
- Es importante que la temperatura de pasteurización se mantenga estable, ya que si se eleva demasiado puede ocasionar cambios en la composición química del sustrato provocando la solubilización de azúcares simples, con lo que se predispone al sustrato a una mayor invasión de hongos contaminantes que impiden el buen desarrollo del hongo seta.
- ***Pleurotus ostreatus* y *pleurotus pulmonarius***, en el Pacífico se puede cultivar en cualquier época del año y, para garantizar su producción constante se recomienda realizar siembras escalonadas.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR VILLAMIZAR, N. 2012. Evaluación del crecimiento de *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus ostreatus* en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja el hangar del municipio de piedecuesta (Santander).

ALEXOPOULOS C. J., MIMS C. W. y BLACKWELL M. 1996. Introductory Micology Jonn Wiley & Sons. 4a edición. EUA.

ANGULO ORTIZ, A. M. 2002. Estudio de la microflora asociada al sustrato de *Pleurotus ostreatus* Ingeniera Técnico Agrícola (Industrias Agroalimentarias). Universidad Pública de Navarra.

BARRON, G.L. & THORN, R.G. 1987. Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. Canadian Journal of Botany, 65: 774-778.

BONILLA L., H. A. 2007. Validación de la tecnología para la producción del hongo comestible y medicinal *Pleurotus ostreatus* en la comunidad negra de la vereda Zacarías corregimiento #8 del municipio de Buenaventura – Valle del Cauca, Colombia. Tesis de grado. Universidad del Pacífico. 70p.

BONILLA L., H. A.; VÁSQUEZ A., N. B. y RUBIANO R., J. A. 2006. Evaluación de residuos orgánicos (coco y aserrín) como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) en Buenaventura. Universidad del Pacífico. Revista Institucional N° 24. 106 p.

Botadero de basuras de Buenaventura presenta colmatación. 13 de agosto de 2013.

Calvo-Bado, L. 2001. Sistemática del género *Pleurotus* con énfasis en las especies cultivadas. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Sánchez, J., Roise, D. (Eds). Editorial LIMUSA, México. pág. 71-79.

CARDONA URREA, L. F. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Crónica forestal y medio ambiente N° 16.

CHANG, S. T. 1992. Un estudio de caso: Hongos tropicales. Publicado por el instituto ZERI para América Latina.

CHANG, S., and HAYES, W. 1978. *The biology and cultivation of edible mushrooms*. New York: Academic Press.

CHANG, S.T y MILES G. P. 1997. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales publicados por el instituto ZERI para América Latina.

CHANG, S.T., AND P.G. MILES. 1989. *Edible mushrooms and their cultivation*, Florida: CRC press.

CHANG. S.T. 1980. Las Setas y el Alimento Humano. BioScience, 30: 339 401.

COHEN, R; L. Persky And Y. Hadar. 2002. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus* ApplMicrobiolBiotechnol. 58:582–594.

CURVETTO, N. 1999. Biotecnología de hongos comestibles y medicinales. Bahía blanca, s.e., 74 p.

ENJAMIO GONZÁLEZ, A. & RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, M. 1995. Cultivo de dos cepas de *Pleurotus* sobre diferentes mezclas de sustratos. Revista del Jardín Botánico, Vol. XVI.

ESLAVA RAMIREZ, J. A. 1994. Climatología del Pacífico Colombiano. Bogotá. Academia Colombiana de ciencias Geofísicas. 77p.

FRANCE, I. y CAÑUMIR V. J. A. 2002. El cultivo del hongo ostra. Proyecto FIA. Ejecutado por INIA Quilampu y la Universidad de Concepción.

FAO. 2008. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.

GAITAN-HERNÁNDEZ, R.; SALMONES, D.; PEREZ M. R.; MATA, G. 2002. Manual práctico de cultivo de setas. Veracruz – México.

GARCÍA M., C. 2002. El cultivo de los hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Anal. Real. Acad. Nac. Farm. 65: 753-776.

GARCÍA M., Concepción. 2004. El cultivo de los hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Anal. Real. Acad. Nac. Farm. 65: 753-776.

MORALES P., 2011. Análisis de varianza para varias muestras independientes. Universidad pontificia camillas, Madrid. P. 37.

GARCIA M., FARIAS R., PEÑA J. & SANCHEZ J. 2004. Inoculation of Wheat var. Pavon with *Azospirillum* spp. and *Azotobacter beijerinckii*. Terra Latinoamericana Vol 23 No 1. Pp 65-72.

GUZMAN, M. 1990. El cultivo del shiitake en troncos de encino en México. *Reporte Científico No. Esp.* 13: 171 - 181.

Huerta, G., D. 2001. Contribución al conocimiento de la diversidad biológica de *Pleurotus* spp. en México. I Reunión Nacional sobre el Cultivo de *Pleurotus*, Resúmenes, ECOSUR-SMM-INECOL-SEPI, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Hernández P, Dorado G, Laurie DA, Martin A, Snape JW. *Microsatellites and RFLP probes from maize are efficient sources of molecular markers for the biomass energy crop. Miscanthus. Theoretical and Applied Genetics* 2001;102:616-622.

J.L BERNAL YAGUE. DEL ALAMO SANZA. M. influencia de la especie del roble de barricas nuevas y usadas en el envejecimiento de un vino tinto de la D.O. Ribera del Duero Influence of the type of barrels and oak variety on the aging of a Ribera del Duero red wine

JOB, D. 2004. La utilización de la borra del café como sustrato base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer. *Rev. Iberoamer. Micol.* 21:195 - 197.

JIMENEZ MARTINEZ.E.2012. Elaboración de harina de 3 variedades de plátano verde (musa spp) y su uso como materia prima para la planificación.

KAMRA, D. N.; ZADRAZIL, F. (1986). Influence of gaseous phase light and substrate pretreatment on fruit-body formation, lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw fermented with *Pleurotus* spp. *Agricultural Wastes*, 18, 1-17.

LABARÈRE, J., BOIS, F. 2001. La conservación y uso de los recursos genéticos de *Pleurotus* spp. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus*. Sánchez, J., Roise, D. (Eds). Editorial LIMUSA, México. pág. 91-100.

LEBEN HERNÁNDEZ, Rodolfo. 2004. Propiedades medicinales y nutricionales de los hongos comestibles. Camino a Guadalupe Victori S/N, Capulhuac, Edo. De México.

LEVANON, D. y DANAI, O. 2002. Aspectos ambientales en el cultivo de los hongos. En: J.E. Sánchez y D. J. Royse (eds.). 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus*. Ecosur- Uteha. 259 - 290.

LOZANO, J.C. 1991. Producción comercial del champiñón (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café. Fitopatología colombiana. Cali, Colombia. Vol. 14 N° 2 p 42-46.

MUEZ, M. A., J. PARDO, 2001. La preparación del sustrato. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse (eds.), La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur. Limusa–Grupo Noriega Editores. México, D.F. pp. 159–186.

Montgomery d. (1991). Diseño y Análisis de Experimentos.

PAREDES V, H. 2008. Efecto de los residuos sólidos de aserrín de madera y estopa de coco degradado por el hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.).

RIOS KATO C.L. 2009. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico.

RÍOS HURTADO, A.; MOSQUERA MOSQUERA, L. H. 2004. 2° Encuentro internacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, “El cultivo de hongos una herramienta de proyección social”. Universidad Tecnológica del Chocó “Diego Luís Córdoba”, Universidad Autónoma de Occidente.

RODRÍGUEZ VALENCIA, N. & GOMEZ-CRUZ, F. A. 2001. Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. CENICAFÉ, Av. Tc. N° 285.

RODRÍGUEZ VALENCIA, Nelson y JARAMILLO LÓPEZ, Carmenza. 2005. Cultivo de Hongos Comestibles del género *Pleurotus ostreatus* obre residuos agrícolas de la zona cafetera. CENICAFE, Chinchiná-Caldas-Colombia. Boletín Técnico N° 27.

RAMIREZ H. El país septiembre 27 de 2012

RODRÍGUEZ, S.; FERNÁNDEZ, M.; BERMÚDEZ, R. C.; Y MORRIS, H. 2003. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. Rev. Iberoamer. Micol. 20:164 - 168.

SENA.2009. Servicio Nacional de Aprendizaje. Regional Caldas. Manizales

SALMONES, D.; GAITAN-HERNÁNDEZ, R.; PEREZ, R. y GUZMAN, G. 1997. Estudio sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre cruzamiento micelial y productividad. Departamento de hongos, Instituto de ecología, Xalapa, Veracruz México.

SÁNCHEZ, J. E. y ROYSE, D. J. 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* México Editorial Limusa, 290 p.

SSPD, superintendencia de servicios públicos. Enero 29 de 2010

TORRES M., VALENCIA S., BERNAL J. & MARTINEZ P. 2000. Insolation of Enterobacteria, *Azobacteria* sp. and *Pseudomonas* sp., producers of indole-3-Acetic Acid Siderophores, from Colombian Rice Rhizosphere. Revista Latinoamericana de Microbiología. Vol 42. Pp 171-176.

TORRES TORRES, M. G.; RÍOS HURTADO, A.; MEDINA RIVAS, M. A.; MENA MAYO, Y. A.; AGUILAR, Y. & RIVAS PALACIOS, I. 2002. Cultivo de hongos comestibles y su importancia en la. Descontaminación ambiental en la ciudad de Quibdó. Universidad Tecnológica del Chocó D. L. C. N°16.

USDA. 2011. United states department of agriculture.

UACH. 2010. Universidad austral de chile- campus isla tejada –Valdivia.

WRIGHT, J. E., LECHNER, B. E. & O. Popoff. 2005. Atlas pictórico de los hongos del Parque Nacional Iguazú. Editorial Literature of Latin America (L.O.L.A.). Buenos Aires, Argentina, en idioma inglés y castellano, 228 páginas, 106 fotos. En prensa.

ZADRAZIL, F. 1978. Cultivation of *Pleurotus*. In Chang S. T.; Hayes, W.A. Eds. The biology and cultivation de edible mushrooms. New York, academic Press. pp. 521 – 557

ANEXOS

ANEXO A. Preparación de sustrato flor amarilla, kudzu, hoja de plátano, anturio y aserrín de madera. Fuente. Pilin Manyoma



ANEXO B. Remojo del sorgo. Fuente. Pilin Manyoma



ANEXO C. Multiplicación y producción de semilla. Fuente. Pilin Manyoma



ANEXO D. Fructificaciones de los hongos *P.ostreatus* y *P.pulmonarius*



Ostreatus



Pulmonarius



ANEXO E. Seguimiento del cultivo de hongos *P.pulmonarius* y *P.ostreatus*.

Fecha de preparación del sustrato	Fecha de pasteurización	Fecha de inoculación o siembra	Días de incubación	Días de incubación a fructificación	Días de fructificación a cosecha	Observaciones generales
12/7/13	20/8/13	24/8/13	30/8/13	26/9/13	6/10/13	
14,15/7/13	21/8/13		7/9/13	28/9/13	9/10/13	Preparación de sustrato lento (clima)
17,18/7/13			14/9/13	30/9/13	16/10/13	Pasteurización en 2 días por capacidad del tanque
19al 23/7/13				2/10/13	21/10/13	Proceso de incubación favorable
			18/9/13			
			22/9/13			

ANEXO F. Proceso de pasteurización. Fuente. Pilin Manyoma

Días de fructificación	<i>Pleorotus ostreatus</i>			<i>Pleorotus pulmonarius</i>		
	1	2	3	1	2	3
6/10/13	4063g	2841g	4735g	4697g	3384g	5000g
9/10/13	3125g	1621g	3470g	3460g	2559g	3332g
16/10/13	1457g	883g	1635g	1361	891g	1869g
21/10/13	1105g	530g	963g	1005g	745g	1322g



ANEXO G. Pesaje de la producción de los hongos *P.pulmonarius* y *P.ostreatus*

Figura Picado de sustrato, hoja de platano y aserrin. Fuente. Pilin Manyoma



ANEXO H. Formato de encuesta

La presente encuesta hace parte del trabajo de investigación que se desarrolla en el corregimiento de Zacarí, acerca de la producción de hongos comestibles. La información obtenida solo será utilizada, para fines educativos, por quien desarrolle trabajo de investigación en este campo.

NOMBRE:
C.C

MARCA CON UNA X

- NIVEL EDUCATIVO

1. PRIMARIA ()
2. SECUNDARIA ()
3. TECNOLÓGICA ()
4. UNIVERSITARIA ()
5. POS-GRADO ()
6. NINGUNO ()
7. OTRO, CUAL? _____

- OCUPACIÓN

1. AGRICULTOR ()
2. EMPLEADO PÚBLICO ()
3. EMPLEADO PRIVADO ()
4. JORNALERO ()
5. INDEPENDIENTE ()
6. OTRO, CUAL? _____

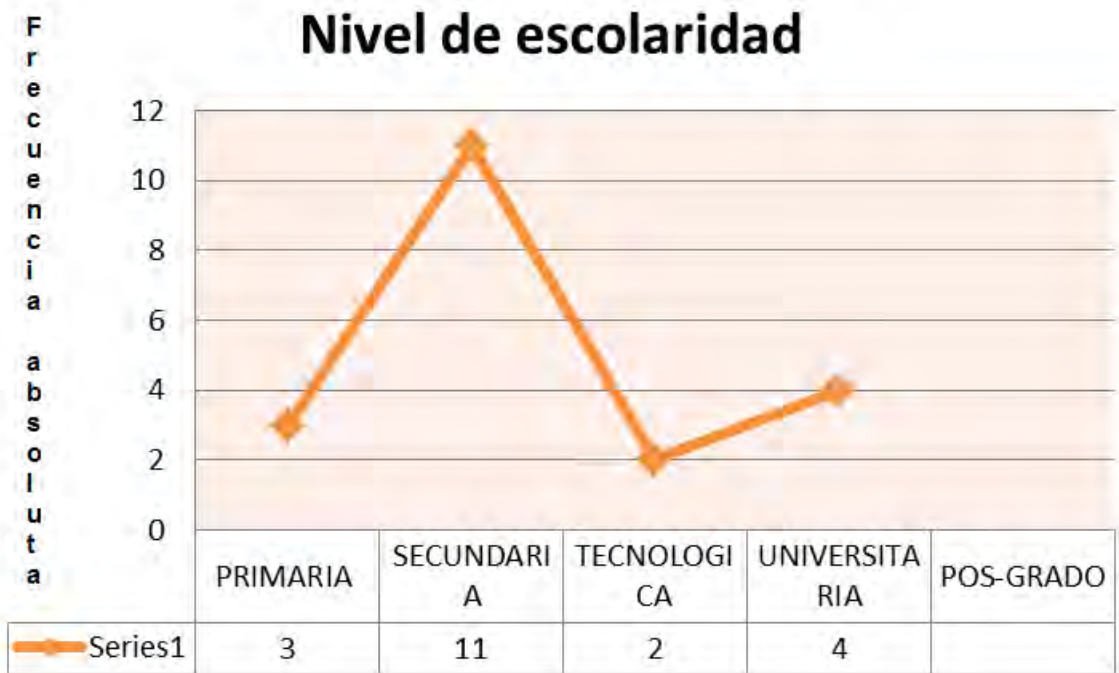
- EDAD

1. 15-25 ()
2. 25-35 ()
3. 35-45 ()
4. 45-55 ()
5. MÁS DE 55 ()

- SEXO

1. HOMBRE ()
 2. MUJER ()
- ESTA DEACUERDO CON LA REALIZAR EL PROYECTO
 1. DEACUERDO ()
 2. EN DESACUERDO ()
 - PERCEPCIÓN ANTES DEL PROYECTO
 1. NI FAVORABLE NI DESFAVORABLE ()
 2. FAVORABLE ()
 3. DESFAVORABLE ()
 - PERCECION DESPUÉS DEL PROYECTO
 1. FAVORABLE ()
 2. DESFAVORABLE ()

ANEXO I. Gráficos de encuesta realizada en la comunidad



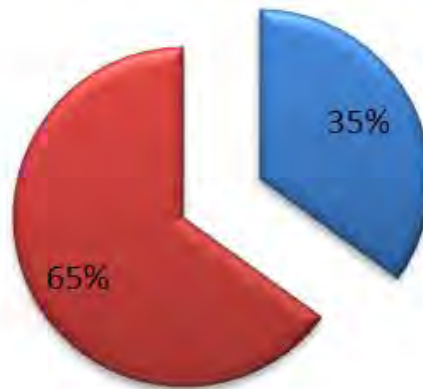


+

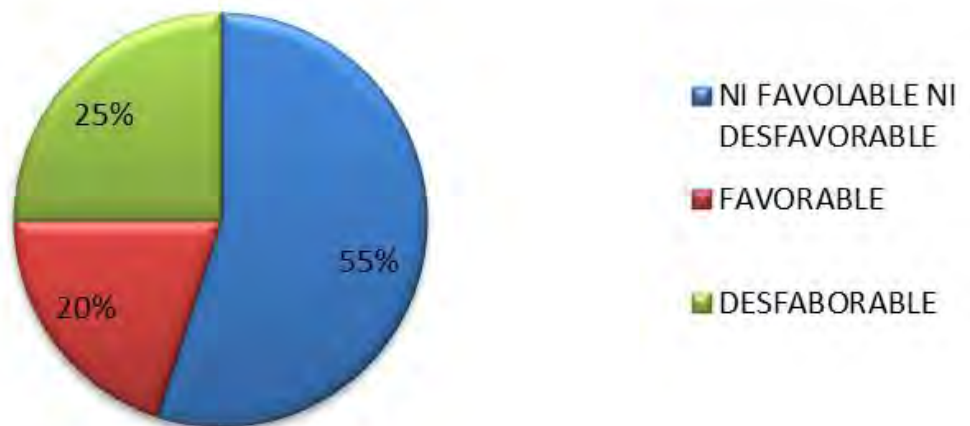


Implementacion del proyecto

■ DEACUARDO ■ EN DESACUERDO



Persecución antes de implementacion del proyecto



Percepción despues de inplementar el proyecto

